Державна служба
геології та надр
України

ДКЗ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут геологічних наук Національної академії наук України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Львівський національний університет імені Івана Франка

2025

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

X міжнародна науково-практична конференція

НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ. ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТУВАННЯ

6-10 жовтня 2025, м. Львів, Україна

X international scientific-practical conference

SUBSOIL USE IN UKRAINE. PROSPECTS FOR INVESTMENT

6-10 october 2025, Lviv, Ukraine

ДЕСЯТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

**"НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ.
ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТУВАННЯ"**

Україна, м. Львів, 6-10 жовтня 2025 р.

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

TENTH SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE

**"SUBSOIL USE IN UKRAINE.
PROSPECTS FOR INVESTMENT"**

Ukraine, Lviv, 6-10 October 2025

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ГЕОЛОГІЇ ТА НАДР УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА КОМІСІЯ УКРАЇНИ ПО ЗАПАСАХ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Інститут геологічних наук Національної академії наук України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Львівський національний університет імені Івана Франка
Івано-Франківський національний технічний університет нафти та газу

ДЕСЯТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

"НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ. ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТУВАННЯ"

Україна, м. Львів, 6-10 жовтня 2025 р.

TENTH SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE

"SUBSOIL USE IN UKRAINE. PROSPECTS FOR INVESTMENT"

Ukraine, Lviv, 6-10 October 2025

КИЇВ – 2025

ШАНОВНІ УЧАСНИКИ ЮВІЛЕЙНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ З НАДРОКОРИСТУВАННЯ!



Від імені Державної служби геології та надр України вітаю вас із визначною подією – Десятою міжнародною науково-практичною конференцією «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування». Державна комісія України по запасах корисних копалин забезпечила експертну платформу для обміну знаннями й досвідом провідних фахівців і науковців, представників державних органів, бізнесу та міжнародних партнерів. Без перебільшення, такий захід є знаковим для галузі. Конференція дає можливість виявити нові наукові підходи, практичні рішення та законодавчі ініціативи, сформувати стратегії розвитку галузі.

Державна служба геології та надр України як орган, що формує державну політику у сфері геологічного вивчення та раціонального використання надр, працює над тим, щоб забезпечити прозоре й ефективне надрокористування, збалансувати інтереси держави, бізнесу й суспільства, а також гарантувати збереження ресурсів для майбутніх поколінь. Серед наших пріоритетів – відкритість даних, вдосконалення дозвільних процедур, впровадження європейських стандартів у галузі та створення сприятливих умов для залучення інвестицій.

Особливе значення ми надаємо створенню відкритого конкурентного простору для бізнесу. Доступність якісної та прозорої геологічної інформації, можливість аналізу ресурсів – ключ до залучення інвестицій у розробку покладів.

Одним із провідних напрямів діяльності Служби є цифровізація. Ми послідовно впроваджуємо сучасні ІТ-рішення для створення доступних сервісів. Розгорнули окремі складові єдиної державної електронної геоінформаційної системи користування надрами та працюємо над її розбудовою. Розвиток цифрової інфраструктури є важливою складовою модернізації галузі й підвищення її інвестиційної привабливості.

Ключовою подією в галузі стало внесення змін до закону про мінерально-сировинну базу, який спрямований на посилення економічної безпеки держави, зменшення залежності від імпорту та формування прозорих правил для інвесторів. Вперше на законодавчому рівні було сформовано переліки критичних та стратегічних корисних копалин, визначено пріоритети розвитку галузі на найближчі п’ять років і передбачено джерела фінансування для їх виконання.

Перспективи розробки критичних і стратегічних копалин мають особливе значення не лише для України, а й для Європейського Союзу. Україна володіє значними покладами титану, графіту, нікелю й інших мінералів, які є необхідними для енергетичного переходу, «зеленої» економіки та високотехнологічного виробництва. Залучення інвестицій у цей сектор забезпечить створення високотехнологічних виробництв, стане поштовхом до розвитку економіки, а також відкриває нові перспективи для спільного майбутнього України та ЄС.

Вірю, що експертні дискусії й озвучені на конференції пропозиції набудуть логічного продовження в нових проєктах і допоможуть не лише реалізувати потенціал українських надр, а й зробити нашу державу надійним партнером Європи.

З повагою
Голова Державної служби геології та надр України **Олег ГОЦИНЕЦЬ**

УДК 504+550+553+556

Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. Матеріали Десятої міжнародної науково-практичної конференції (6-10 жовтня 2025 р., м. Львів). Державна комісія України по запасах корисних копалин (ДКЗ). К.: ДКЗ, 2025. – 727 с.

© Державна комісія України по запасах корисних копалин, 2025

ЗМІСТ

1 РЕФОРМУВАННЯ СФЕРИ ВИКОРИСТАННЯ НАДР: ПРОЗОРІСТЬ, ВІДКРИТІСТЬ, ДОСТУПНІСТЬ 12

Литвинюк С.Ф. Нормативні та методичні аспекти проведення державної експертизи та оцінки запасів корисних копалин як складової системи управління мінеральними ресурсами 13

Бовсунівський П.В. Провідні напрями діяльності ДНВП "Геоінформ України" в період вдосконалення регуляторного поля в галузі надрокористування 19

Нецький О.В., Паюк С.О., Лагода О.А., Бала Г.Р. Імплементація змін Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр у підзаконні акти як чинник реформування сфери використання надр 23

Гірний Й.В. Інвестиційні перспективи надрокористування в Україні: ризики та можливості 29

Вдовиченко А.І., Калинович В.М. Проблеми Державної геологічної служби та надр України та оптимальні шляхи їх вирішення 35

Кірін Р.С., Хоменко В.Л., Пащенко О.А. Сучасні реформи у сфері надр: забезпечення прозорості й економічної стійкості 39

Середа Р.М. Діяльність Державної служби геології та надр: виклики та шляхи реформування 49

2 КРИТИЧНІ ТА СТРАТЕГІЧНІ КОРИСНІ КОПАЛИНИ: ГЛОБАЛЬНІ ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ 53

Бурлуцький М.С., Білоус О.І. Особливості застосування фрактального методу для геолого-економічної оцінки германійвмісних лігнітів на прикладі Біганського родовища 54

Василенко А.П. Оцінка ресурсного потенціалу іонно-адсорбційних рідкісноземельних руд Українського щита 64

Kirin R.S., Khomenko V.L., Pashchenko O.A. Innovative approaches to exploration and extraction of strategic minerals in Ukraine 67

Фалькович О.Л., Курило М.М. Створення безпечних ланцюгів постачання критичних корисних копалин: роль проекту BLOOM та досвід ТАУРУС ІНФІНІТІ 74

Гейченко М.В., Сукач В.В., Василенко А.П. Рідкісноземельні метали у надрах України 79

Данилишин В.І., Лопушанська М.Р., Коваль М.О., Роїк О.Б. Критичні та стратегічні корисні копалини України: виклики глобального енергетичного переходу та перспективи інвестування 84

Десятнюк Л.О., Паюк С.О. Оцінка стратегічних проєктів Європейською комісією: принципи та результати 88

Сьомка В.О., Слободян Б.І. Перспективи розвитку літійвидобування в Україні 93

Слободян Б.І. Перспективи розвитку графітовидобування в Україні 99

Чернієнко Н.М., Вдовиченко А.І., Андрєєва О.О., Бучинська В.О. Металогенічні дослідження в Україні 105

Сафронова Н.Г., Баряцька Н.В. Огляд підходів формування переліку критичних корисних копалин в США, ЄС та Україні 112

Bovsunivskyi P., Melnyk I., Kuzmanenko H., Okholina T. Geoinformation support for the prospecting of critical raw material deposits 118

Davydova I.V., Bondarchuk V.M., Shlapak V.O., Shlapak S.O. The impact of rare earth metal extraction and processing and the state of the environment 122

Kurylo M., Virshylo I. Valuation of Direct Lithium Extraction (DLE) project from brine resources 129

3 УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ КОРИСНИХ КОПАЛИН ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ 133

Багрій І.Д., Васильєва І.В., Кізлат А.М., Ярошовець-Баранова К.А. Дорожня карта водно-водневої стратегії України, шлях до впровадження в Європі 134

Книш І.Б., Василенко Б.В., Михалюк М.В. Техногенні родовища як ресурс: дозвільні процедури та перспективи 146

Мельничук В.Г., Волненко С.О., Капустюк А.А., Богельський О.О., Столярець М.О., Криницька М.В., Коваль Д.М. Відновлення і розширення геолого-прогнозного картування масштабу 1 :200 000 Українського Полісся з оцінкою перспектив на бурштин в межах аркушів М-35-II, -III, -IV, -V, -VIII, -IX 153

Нікішкін К.П., Книш І.Б., Парфенюк В.О., Михалюк М.В. Родовище виробництві будівельних матеріалів 159

Чернієнко Н.М., Андрєєва О.О, Бучинська В.О. Міжнародна співпраця та проектна діяльність Спілки геологів України 168

Коваль Д.М., Ремезова О.О. Правові аспекти проведення геологорозвідувальних робіт на бурштин гідромеханізованим методом 174

Прокопенко О.С., Фалькович О.Л. Техногенні ділянки, як шлях до розширення ресурсної бази України 180

Довгалюк І.Г., Хацевич О.М., Кулик Г.М., Держко О.І. Аналіз ринку і ресурсної бази харчової та технічної солі в Україні 184

Віхоть Ю.М., Дацюк Ю.Р., Скакун Л.З., Кріль С.Я. Розробка прототипу газового аналізатора для вимірювання водню у ґрунтовому газі 188

4 ІНВЕСТИЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННОЇ БАЗИ УКРАЇНИ 191

Гоцинець О.С., Багрій І.Д., Семенюк В.Г., Мамишев І.Є., Зубаль О.О., Васильєва І.В., Земський Д.В. Методологічні основи картувальних ознак промислових концентрацій гелію України (ДДЗ) 192

Фролов Д.С. Вихід гірничодобувних підприємств на фондові ринки як інструмент розвитку видобувної галузі та економіки 205

Лазарук Я., Гузарська Л., Гарасим С. Родовища західного Причорномор'я України: нафтові чи нафтово-бітумні? 212

Власенко Н.Р. Перспективи інституту угод про розподіл продукції в умовах воєнного стану 219

Бала В.В., Паюк С.О., Єдіна О.В. Верифікація запасів залізних руд родовищ Державного фонду надр України, які не надані у користування за РК ООН 223

Курило М.М. Нові технологічні рішення та міжнародний досвід реалізації Ta-Nb проектів 232

Єдіна О.В., Паюк С.О., Бала В.В. Застосування РК ООН під час верифікації запасів родовищ графіту Державного фонду надр України, які не надані у користування 236

Струтинська К.С., Паламарчук І.О. Про можливість використання талькових сланців Інгулецького родовища залізистих кварцитів Кривбасу для виробництва цегли 242

Петришин В.Ю., Паюк С.О. Сучасний стан і перспективи розробки родовищ калійних солей західного регіону України, як критичної мінеральної сировини, що має стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави 251

Колчев К.М. Осушені родовища торфу: потенціал та ризики 271

Кляпчук Б.Я. Історія досліджень графітовмісних відкладів та їхній інвестиційний потенціал 275

Леськів І.В. Індивідуальна суб'єктивність для досягнення об'єктивності 280

Петровський О.П., Петровська Т.О., Лебега О.В., Кухар Н.П., Витвицький Я.С., Закревський А.А. Відкриття у 2023 біля Олеської ділянки угоди про розподіл продукції Саджавського газового родовища із використанням нової парадигми картування комерційних покладів вуглеводнів поставило крапку на 40 роках негативних пошукових результатів та відкрило шлях до швидкого і економічного початку видобутку сланцевого та традиційного газу 284

Бацевич Н.В., Яремчук Я.В. Асоціація вермикуліту і монтморилоніту у мигдалинах базальтів трапової формації Західної Волині та їх практичне значення (свердловина 4510, Якушівська товща) 291

Мережко М.Д. Геоінформаційне моделювання рельєфу та будови продуктивного пласта Тростяницького родовища 296

5 МЕТОДИКА І ПРАКТИКА ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН ЗА РІЗНИМИ КЛАСИФІКАЦІЙНИМИ СИСТЕМАМИ 300

Назаренко М.В., Король Н.О., Мороз О.В. Геостатистичний підхід як інструмент підвищення достовірності оцінки стратегічних і критичних корисних копалин України 301

Михайлів І.Р. PRMS: умови переведення обсягів вуглеводнів в клас "Умовні ресурси" 308

Kurylo M., Liventseva H. Geothermal resource classification: international experience and domestic practice 314

Дудніков М.С., Гіць Ю.С., Загороднов А.В. Практичні аспекти застосування SPE-PRMS в оцінці ресурсної бази АТ "Укргазвидобування" 320

Федів І.Я. Деякі аспекти удосконалення оформлення звіту з геолого-економічної оцінки запасів нафти і газу 324

Паюк С.О., Сімаченко Г.В., Гоцинець О.В. Потенціал запасів газу природного з невизначеним промисловим значенням для нарощування ресурсної бази газовидобутку 328

Кашуба Г.О., Башкіров Г.Л., Жигинас Т.Г., Кашуба О.Г. Визначення величини коефіцієнта ефективної пористості в ущільнених колекторах за даними акустичного методу каротажу 334

Здерка Т.В., Яводчак М.І. Щодо визначення нижніх меж фільтраційно-ємнісних властивостей порід-колекторів 341

Каралаш А.Р., Башкіров Г.Л., Кашуба Г.О. До питання визначення підрахункових параметрів в анізотропних товщах 345

Баряцька Н.В., Сафронова Н.Г. Оновлення шаблону CRISCO та кодексу JORC 351

Дяків В.О., Панченко А.В., Петришин В.Ю., Хевпа З.З. Геолого-економічна оцінка родовищ калійних солей Передкарпатського прогину: особливості мінерального складу, специфіка дорозвідки, проблеми видобування та збагачення, зміни підходу до класифікації. 357

Курепа Я.С., Чертова Д.С. Геологічне вивчення териконів вугільних шахт Львівсько-Волинського вугільного басейну як техногенних родовищ будівельної сировини 364

Гайовський О.В., Павлунь М.М., Петрівський П.В. Доцільність та необхідність освітньо-професійної програми "Геологія, розвідка і розробка будівельної сировини" на геологічному факультеті Львівського національного університету імені Івана Франка 368

Бодюк А.В. Обґрунтування методології дослідження залізорудного надрокористування 370

Синчук В.В., Бакаржієв Ю.А., Лисенко О.А. Імплементація Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин Державного фонду надр в систему РК ООН-2019 373

Карпин В.М., Антонюк В.В. Особливості визначення коефіцієнту пористості з використанням геофізичних методів у складнопобудованих породах-колекторах 380

6 ЕНЕРГЕТИЧНА НЕЗАЛЕЖНІСТЬ УКРАЇНИ. НАРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ДЕРЖАВИ 385

Шлапінський В.Є., Павлюк М.І., Лазарук Я.Г., Савчак О.З., Тернавський М.М. Геологічна будова і перспективи нафтогазоносності структури Вороненка Скибового покриву Карпат 386

Тімченко Т.М., Муромцева О.І. Геофізичні дослідження при контролі за розробкою як складова енергетичної стабільності України 391

Олійник О.В., Паюк С.О., Соболь В.В. Модернізація регулювання геофізичних досліджень свердловин в Україні: порівняльний аналіз міжнародного досвіду та стратегія реформування 397

Трубенко О.М., Федоришин Д.Д., Федоришин С.Д., Трубенко А.О., Липчук М.В. Аналіз і моделювання колекторських характеристик сарматських відкладів Крукеницької западини Передкарпатського прогину 402

Трубенко О.М., Чорний Е.О., Кузів І.М., Левицька Г. М., Трубенко А.О. Підвищення ефективності розкриття, випробування та експлуатації продуктивних пластів у свердловинах Передкарпаття 406

Куровець І.М., Грицик І.І., Приходько О.А., Кучер Р.-Д. А., Кучер З.І., Чепусенко П.С. Термобаричні та літолого-петрофізичні властивості продуктивних горизонтів Бориславсько-Покутської зони Карпатської нафтогазоносної провінції 409

Поп С.С. Розвиток гідроенергетики в Закарпатській області України у контексті стійкого розвитку 413

Стрижак Л.І. Природа вторинних колекторів глибокозалягаючих горизонтів центральної частини Дніпровсько-Донецької западини 418

Федоришин Д.Д., Трубенко О.М., Федоришин С.Д., Федоришин Д.С. Вплив технічних умов комплексних геофізичних досліджень в неогенових тонкошаруватих геологічних розрізах Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину 421

Харченко М.В. Підвищення ефективності прогнозу нафтогазоносності тектонічно екранованих пасток вуглеводнів 425

Михайловський І.З., Андрейчук М.М. Перспективи нафтогазоносності північно східного схилу Крукеницької западини 430

Міщенко Л.О., Абєлєнцев В.М. Аналіз стану попередньо розвіданих запасів газу та рекомендації щодо їх залучення до розробки та дорозвідки 435

Мельник Л.П., Ольшанецький М.В., Тищенко А.П., Жадан А.М., Фенота П.О., Кичка О.А., Вижва А.С., Маковець О.В., Максимчук П.Я. Дельфін і Скіфська: прокладання нового морського шляху до енергонезалежності України 440

Кузьменко П.М., Маляр В.О. Пошук неструктурного та комбінованого типу пасток за даними 3D сейсморозвідки 444

Владика В.М., Михалевич І.Л., Штереб В.В., Тиркус П.Б., Савчук О.В., Бодлак В.П. Виявлення потенційних перспективних ділянок на виснажених родовищах за результатами комплексного аналізу геологічної інформації та даних 3D сейсморозвідки 446

Загороднов А.В., Луценко В.Г., Шимановська Т.Я. Нарощування ресурсної бази зрілих родовищ за результатами сейсморозвідувальних робіт та впровадження нових інтерпретаційних технологій 448

Сурков С.В., Костів А.Л., Кривуля С.В., Пуц Д.В, Разінькова Н.В. Особливості формування покладів вуглеводнів в межах Платівсько-Граківської структурної зони 450

Михалевич І.Л., Бодлак В.П., Данилків З.П., Граб О.І., Малетич Ю.І. Особливості прифронтової зони Самбірського насуву та перспективи газоносності 457

Левонюк С.М., Оринчак С.М. Мультидисциплінарний підхід до вивчення генераційно-видобувного потенціалу візейських нафтогазоматеринських колекторів нетрадиційного типу Дніпровсько-Донецької западини 459

Лосів В.М., Яремович М.В. До розташування покладів вуглеводнів у Передкарпатському прогині та Зовнішніх Карпатах 463

Бутенко А.В, Аксьонов В.В. Новий етап освоєння покладів вуглеводнів у низькопроникних колекторах – буріння свердловин із горизонтальним закінченням з багатостадійним ГРП 472

Krasnikova O. O., Antoniuk V.V., Kuzmenko P.M. Quantitative interpretation of seismic and well-logging data for prediction of hydrocarbon reservoirs in the western oil and gas region of Ukraine 475

Колодій І.В., Гарасимчук В.Ю. Водоророзчинені та вільні гази Внутрішньої зони Передкарпатського прогину 480

Азімов О.Т. Застосування дистанційних методів для пошуків покладів вуглеводнів у гірській місцевості 484

Дучук С.В., Максимук С.В., Галамай А.Р. Прогнозування газоносності Боратицької площі на основі проведеного комплексу геофізичних і геохімічних досліджень 491

Думенко С.С. Результати польових геологічних досліджень поширеності пісковиків стрийської світи у розрізі за руслом річки Прут 495

Куровець С.С., Симчич Б.М. Застосування штучного інтелекту для покращення результатів геологорозвідувальних робіт. Огляд проблематики 500

Назаревич Л.Є., Назаревич А.В., , Скакальська Л.В., Назаревич Р.А. Сейсмічність і геотермальний потенціал Передкарпатського крайового прогину (Львівська, Івано-Франківська і Чернівецька області) 503

Багнюк М., Дмишко О., Козак Л. До питання оцінки запасів газу статистичним методом за результатами розробки 510

Шмідт В.П., Гораль Л.Т. Застосування штучного інтелекту в системі газопостачання: міжнародний та український досвід 514

Генералова Л.В., Генералов А.В., Костюк О.В. Седиментаційний аналіз гравітитових колекторів як інноваційний інструмент дослідження їх перспектив на вуглеводні (Українські Карпати) 517

Матрофайло М.М., Король М.Д. Вплив основних чинників на формування морфології вугільного пласта v_6 Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну 521

Lopushanska M., Copçuoğlu O., Altınbaş O. Wind energy: prospects and environmental restrictions (based on the example of the republic of Türkiye) 527

Петровський О.П., Петровська Т.О., Оніщук О.М., Суятінов В.М. Уточнення форми соляних діапірів та картування приштокових комерційних покладів вуглеводнів засобами спільної просторової інверсії гравіметричних, свердловинних і сейсмічних даних 530

Бучинська І.В., Матрофайло М.М., Побережський А.В., Ступка О.О. Газоносність вугільного пласта $n_7^в$ Львівсько-Волинського басейну за геологічними критеріями оцінки перспективності площ для видобутку метану 537

Мороз Л.Б., Селінний Є.М. Інтеграція гідророзриву пласта в стратегію раннього етапу розробки родовища 542

Середа І.П. Енергетичний щит України: стратегія децентралізації та стійкості в особливий період 545

Жикаляк М.В., Бондар О.П. Геологічні чинники підвищення вуглеводневого потенціалу Юзівської площі 548

Попп І.Т., Гавришків Г.Я., Мороз П.В. Умови утворення крейдяних відкладів Українських Карпат та перспективи їх нафтогазоносності 555

Баранник О.Р. Дніпрово-Донецька западина: тектонічні особливості та їхній зв'язок з нафтогазоносністю регіону 561

Петровський О.П., Петровська Т.О., Штурмак І.Т. Застосування в Україні нової парадигми картування комерційних покладів вуглеводнів довільної морфології, походження та глибини для дорозвідки відомих та відкриття нових нафтових систем забезпечить до 2032 року подвоєння видобутку газу 567

Непеляк С.А., Михайлів І.Р. Стан ресурсної бази глибокозалягаючих горизонтів Глинсько-Солохівського НГР 571

Михайлишин Б.І., Купер І.М. Методичні підходи до відбору свердловин-кандидатів під гідравлічний розрив пласта 577

7 ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ У ЗВ'ЯЗКУ З РОЗРОБКОЮ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН 579

Улицький О.А., Бойко К.Є., Касьяненко Д.Л. Атрибутивний чинник трансформаційної зміни гідрогеологічного режиму розробки Новоукраїнського родовища гранітів 580

Іванов Є.А. Обсяги накопичення та ефективність використання гірничопромислових відходів у Львівській області 587

Жикаляк М.В., Бондар О.П., Маринченко М.Є. Екологічна безпека водних ресурсів південно-східних регіонів України 595

Кочмар І.М., Карабин В.В. Оцінка техногенного впливу на ґрунтове середовище в районі вугільних відвалів: на прикладі Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну 601

Багрій І.Д., Бодюк А.В., Ярошовець-Баранова К.А. Екологічні наслідки залізорудного надрокористування 605

Багрій С.М., Кузьменко Е.Д., Чепурний І.В., Новосільський М.В. Вирішення окремих екологічних проблем за комплексом геофізичних методів на хвостосховищах Калуського гірничопромислового комплексу 609

Дяків В.О., Хевпа З.З. Концепція "жертовних зон" під час експлуатації та консервації соляних родовищ у складних гірничо-геологічних і гідрогеологічних умовах та активізації небезпечних геологічних процесів 612

Dzhumelia E.A. Modern Approaches to Minimizing Negative Consequences After the Closure of Sulfur Mining Enterprises 619

Палійчук О.В., Медвідь М.І., Гоптарьова Н.В., Уграк Л.В., Уграк Т.А. Питання охорони навколишнього середовища при розробці Дубовецького родовища вапняків 622

Омельченко В.Г., Косаковскі П. Результати дослідження забруднення твердими вуглеводнями ґрунтів Старунського геодинамічного полігону 625

Калиній Т.В., Омельченко В.Г. Характеристика ґрунтів Старунського геодинамічного полігону 626

Сухіна О.М., Бодюк А.В. Щодо врахування втрат екосистемних послуг лісів самозаліснених териконів при оцінюванні збитків надрам через війну з рф 628

8 ВИКОРИСТАННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД 633

Руденко Ю.Ф., Юркова Н.А., Гураль О.В., Саприкін В.Ю. Щодо питного водопостачання населення під час воєнного стану (на прикладі міст України з населенням понад 100 тис. осіб, розташованих в межах Донецької складчастої області) 634

Саніна І.В., Люта Н.Г. Древіна Т.А., Приходько С.М. Стан та перспективи використання експлуатаційних запасів питних підземних вод у зоні впливу Каховського водосховища 647

Удалов І.В., Кононенко А.В., Яковлєв Є.О. Нові екологічні проблеми використання підземних вод за умови впливу техногенезу, збройних дій та змін клімату 654

Костенко Є.А. Охоронні зони водозаборів підземних вод в контексті інтеграції до ЄС та порівняльний аналіз законодавчих підходів 659

Погребний А.Л., Цуркан О.І., Олійник Н.П., Балашова І.В. Розсільні води України та їх лікувальне використання 668

Кондратюк Є.І., Чертков Ю.А. Мінеральні води в басейні річки Свічі Івано-Франківської області 675

Лосів В.М., Яремович М.В. Перспективні ділянки для пошуків термальних вод в околицях м. Львова 681

Трофимчук О.М., Триснюк В.М., Триснюк Т.В. Геоінформаційні технології оцінки стану підземних вод 685

9 ЗЕЛЕНИЙ ПЕРЕХІД: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ 689

Demchuk Yu., Popadynets T. Geosyn project: potential industries for high temperature heat pump integration as decarbonization pathway 690

Дубосарський В.Р., Мамишев І.Є., Довбиш Н.С. Пошуки білого водню в Україні 694

Дехтяренко В.А., Прядко Т.В., Максимова С.В., Михайлова Г.Ю. Водень – елемент номер один: отримання, зберігання та застосування 699

Дяків В.О., Поп С.С., Павлюк В.І., Яремович М.В. Інженерно-геологічні критерії вибору оптимальних ділянок під будівництво вітроенергетичних установок в межах поширення флішевової формації Карпат 703

Михайлова Г.Ю., Дехтяренко В.А. Перспективи сонячної енергетики 711

Dzhumelia V.A., Dzhumelia E.A. Reclamation of Post-Industrial Mining and Chemical Sites for the Green Transition: the Case of Rozdil Mining and Chemical Enterprise "Sirka" 714

Кудря С.О., Зур'ян О.В. Відновлювана енергетика України в умовах воєнних викликів: аналітика, політика та перспективи зеленого переходу 716

Dudu A.-C., Demchuk Yu., Virshylo I., Kurylo M., Berenblyum R. Prospects for CCUS projects implementation in the Black Sea region with CO_2 direct injection technology 721

Толкунов А.А. Водень – енергія майбутнього: перспективи видобутку, виробництва, підземного зберігання 725

РЕФОРМУВАННЯ СФЕРИ ВИКОРИСТАННЯ НАДР: ПРОЗОРІСТЬ, ВІДКРИТІСТЬ, ДОСТУПНІСТЬ



УДК 553.04

НОРМАТИВНІ ТА МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ПРОВЕДЕННЯ ДЕРЖАВНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ ТА ОЦІНКИ ЗАПАСІВ КОРИСНИХ КОПАЛИН ЯК СКЛАДОВОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МІНЕРАЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ

Литвинюк С.Ф., *к. геол. н, lytvyniuksf@gmail.com,*
Державна комісія України по запасах корисних копалин, м. Київ, Україна

Забезпечення об'єктивної оцінки мінерально-сировинної бази України, достовірності кількісних та якісних характеристик мінеральної сировини, а також визначення умов промислового освоєння з метою найповнішого, економічно раціонального й комплексного використання запасів та ресурсів ділянок надр, наданих у користування, здійснюється під час проведення державної експертизи матеріалів геолого-економічних оцінок різних стадій геологорозвідувальних робіт і геологічного вивчення.

У роботі проаналізовано нормативні та методичні аспекти проведення державної експертизи й оцінки запасів корисних копалин як складової системи управління мінеральними ресурсами у контексті імплементації міжнародних стандартів звітності та оцінки у сфері надрокористування.

Окрему увагу приділено питанню доцільності експертної діяльності інституції "Компетентна персона" в межах чинної нормативно-правової бази у сфері надрокористування та можливим шляхам її впровадження в Україні.

На підставі проведених досліджень викладено пропозиції щодо вдосконалення правових відносин у сфері державної експертизи й оцінки запасів і ресурсів корисних копалин.

REGULATORY AND METHODOLOGICAL ASPECTS OF CONDUCTING STATE EXAMINATION AND ASSESSMENT OF MINERAL RESERVES AS A COMPONENT OF THE MINERAL RESOURCE MANAGEMENT SYSTEM

Lytvyniuk S., *PhD (Geol.), lytvyniuksf@gmail.com,*
State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine

Providing an objective assessment of Ukraine's mineral resource base, the reliability of quantitative and qualitative characteristics of mineral raw materials, and determining the conditions for commercial development for the most complete, economically rational, and integrated use of reserves and resources of subsoil areas granted for use, is achieved through the state examination of geological and economic assessment materials from various stages of geological exploration and study.

The paper analyzes the regulatory and methodological aspects of conducting state examination and assessment of mineral reserves as a component of the mineral resource management system, in the context of implementing international standards for reporting and assessment in the field of subsoil use.

The issue of the expediency of the expert activity of a "Competent Person" institution is highlighted separately within the framework of the existing legal and regulatory framework in the field of subsoil use and possible ways of its implementation in Ukraine.

Based on the research, proposals are presented for improving legal relations in the field of state examination and assessment of mineral reserves and resources.

Вступ. Ефективне функціонування геологічної галузі та забезпечення верифікації геологічного вивчення надр (користування надрами) залежить від організаційно-правової форми інституцій, що її утворюють, а також від розподілу функцій і завдань у межах установ, організацій та підприємств, які їх утворюють.

Активна імплементація міжнародних стандартів фінансової та податкової звітності, запровадження прозорих механізмів ведення підприємницької діяльності, євроінтеграційні процеси та міжнародне співробітництво у сфері використання мінерально-сировинного комплексу зумовлюють необхідність перебудови та пошуку надійної моделі державного (національного) управління, заснованої на принципах сталого розвитку [1].

В Україні впровадження раціонального, комплексного використання надр для задоволення виробничих потреб у мінеральній сировині та забезпечення їх охорони регулюється Конституцією України, Законом України "Про охорону навколишнього природного середовища", Кодексом України про надра, Гірничим законом України та

іншими нормативно-правовими актами України, що розробляються відповідно до зазначених документів [2, 3, 5, 6].

Відповідно до Кодексу України про надра [3], ресурси та запаси корисних копалин ділянок надр, а також запаси корисних копалин, додатково розвіданих у процесі розробки родовищ корисних копалин, підлягають державній експертизі та затвердженню Державною комісією України по запасах корисних копалин (далі – ДКЗ) або іншим уповноваженим підприємством, установою чи організацією, з визначенням раціонального напряму використання корисних копалин, у порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України (далі – КМУ).

Державна експертиза та оцінка запасів корисних копалин. Порядок і умови проведення ДКЗ державної експертизи та оцінка запасів корисних копалин (далі – державна експертиза), її мета, основні завдання й принципи визначені Положенням [4], затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 22.12.1994 № 865 (далі – Положення № 865).

Державна експертиза – це процес, під час якого уповноважений державний орган аналізує та підтверджує кількість, якість і ступінь вивченості об'єктів надрокористування. Цей процес є критично важливим, адже його основними завданнями (в скороченій редакції) є:

– оцінка достовірності запасів корисних копалин і наявних у них корисних компонентів на основі дослідження та аналізу матеріалів геологічного вивчення надр;

– встановлення кондицій на мінеральну сировину для підрахунку запасів родовищ з урахуванням раціонального використання всіх корисних копалин і наявних у них корисних компонентів;

– визначення кількості та якості запасів корисних копалин і компонентів, ступеня їх вивченості й підготовленості до промислового освоєння;

– оцінка промислового значення запасів корисних копалин і компонентів за умови їх найповнішого, економічно раціонального й комплексного вилучення та використання на основі сучасних промислових технологій;

– оцінка відповідності наявного в межах родовищ вмісту речовин, що негативно впливають на довкілля і здоров'я людей під час видобутку, переробки й використання корисних копалин.

Державній експертизі підлягають запаси й ресурси корисних копалин ділянок надр та/або родовищ корисних копалин усіх розвіданих родовищ, у тому числі техногенних, а також запаси корисних копалин, що додатково розвідані в процесі розроблення родовищ, та запаси, що залишаються в надрах у разі ліквідації гірничодобувного підприємства.

Відповідно до ступеня вивчення родовища корисних копалин державна експертиза може проводитися за матеріалами геолого-економічної оцінки (далі – ГЕО):

– початково оцінених ділянок надр;

– попередньо оцінених родовищ корисних копалин;

– родовищ корисних копалин, підготовлених до промислового освоєння;

– родовищ корисних копалин, що перебувають в експлуатації.

Слід зазначити, що під час проведення державної експертизи та розгляду різних матеріалів (листи, розпорядження, доручення тощо), а також надання методичної допомоги (консультації), ДКЗ окремо можуть розглядатися та оцінюватися складові матеріалів ГЕО, такі як коригування техніко-економічних показників (далі – ТЕП), геопросторові дані, зміни напрямів використання мінеральної сировини й інші умови надрокористування. Етапність (послідовність) та результати державної експертизи схематично зображені на узагальнюючий схемі (рис. 1).



Рис. 1. Схема функціонування інституту державної експертизи під час розгляду матеріалів геолого-економічної оцінки запасів та ресурсів корисних копалин

Частина робіт, що підлягають державній експертизі, потребує обов'язкової державної реєстрації відповідно до Порядку державної реєстрації робіт і досліджень, пов'язаних із геологічним вивченням надр, затвердженого наказом Міністерства екології та природних ресурсів України від 14.06.2013 № 263 [7].

Станом на 01.01.2025 р. проведено понад 5700 засідань колегії ДКЗ (рис. 2). За результатами державної експертизи поданих матеріалів встановлено промислове значення запасів та ресурсів мінеральної сировини понад 3900 родовищ (ділянок надр), які стали об'єктами обліку Державного фонду надр, з них у промисловій розробці перебувають понад 2900 родовищ.

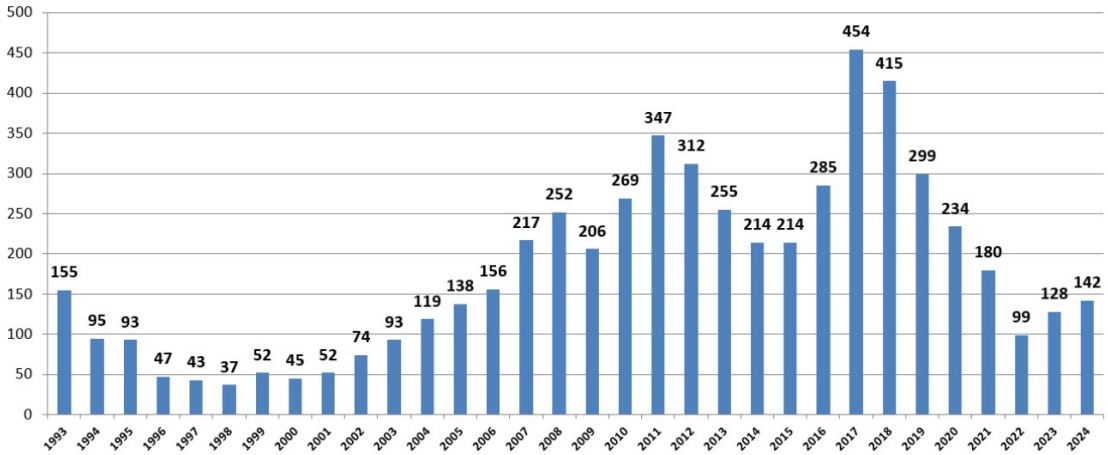


Рис. 2. Динаміка кількості розглянутих звітів з матеріалами геолого-економічних оцінок (у тому числі повторних), підрахунку запасів корисних копалин, коригування техніко-економічних показників та розподілу запасів по роках у ДКЗ

Оцінка та підходи до звітності запасів та ресурсів мінеральної сировини з використанням різних класифікаційних систем. Важливою складовою проведення державної експертизи є кваліфікація експертного складу, який, відповідно до Положення № 865 та Положення про порядок діяльності експертів ДКЗ, здійснює перевірку й аналіз поданих матеріалів. Актуальність цього питання посилилася у зв'язку з останніми змінами до Кодексу України про надра, які передбачають можливість застосування під час оцінки альтернативних класифікаційних систем, зокрема: Рамкової класифікації ООН [10], класифікації Комітету з міжнародних стандартів звітності по запасах твердих корисних

копалин (CRIRSCO – Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards), Системи управління вуглеводневими ресурсами (PRMS – Petroleum Resources Management System) та інших міжнародних стандартів.

Кожна система передбачає власні механізми верифікації проведених оцінок та форми звітності, що застосовуються в різних юрисдикціях, поза межами нормативного поля України. Це ускладнює одночасне використання різних підходів до оцінки та її верифікації.

У світі застосовують різноманітні системи класифікацій запасів і ресурсів корисних копалин, що відрізняються принципами, термінами й визначеннями [9]. Основні відмінності зумовлені особливостями розвитку власної мінерально-сировинної бази (перелік родовищ корисних копалин, їх промислове значення) та стратегіями національних і транснаціональних політик. Умовно можна виділяють дві "різноментальні системи", які можуть застосовуватись як спільно, так і окремо.

Перші передбачають державницький підхід, де основним регулятором у сфері застосування класифікаційних систем є державні інститути. Їхніми головними завданнями є формування Державного балансу родовищ корисних копалин, його достовірність та розвиток мінерально-сировинної бази з метою раціонального та ефективного використання надр. Такий підхід застосовують країни, які мають мінерально-сировинну базу з потужним промисловим потенціалом і розвинутими геологічними інститутами різного управлінського рангу (Сполучені Штати Америки, Китай, Норвегія, Україна, держави колишнього Радянського союзу та ін.).

Друга система розвитку стандартів звітності запасів і ресурсів корисних копалин забезпечується діяльністю промислово-фінансових груп, чиї акції котуються на міжнародних біржових майданчиках, або компаніями, що планують вихід на IPO (Initial Public Offering, первинна прилюдна пропозиція – розміщення цінних паперів). Особливістю такої системи є використання компаніями положень того чи іншого національного (регіонального) кодексу звітності (JORC Australasia, NI 43-101 Canada, PERC Europe, SAMREC / SAMVAL SouthAfrica та ін.), що відповідають положенням і принципам шаблону CRIRSCO. Шаблон CRIRSCO також покликаний допомогти країнам, у яких відсутні або застаріли кодекси звітності, у розробці нових кодексів, що узгоджуються з міжнародною практикою.

Під час розробки нормативно-методичних основ проведення оцінки за стандартами звітності сімейства CRIRSCO слід враховувати такі обставини:

1. Стандарти звітності сімейства CRIRSCO охоплюють неповний перелік корисних копалин (зокрема, не розглядають значну частину родовищ будівельної сировини й родовищ місцевого значення, підземні води всіх типів, лікувальні грязі тощо) і не застосовуватимуться для родовищ корисних копалин України, яких більшість , інвестиції в які ніколи не залучатимуться на біржових майданчиках (Лондон, Торонто, Йоганнесбург тощо) через недоцільність і залучення для їх розвідки та розробки внутрішнього капіталу;

2. Впровадження Національного кодексу публічної звітності в Україні, що відповідатиме Шаблону сімейства CRIRSCO паралельно з Класифікацією України, потребуватиме наступних кроків:

– створення асоціації (комітету), самоврядної незалежної організації, не пов'язаної з політичними партіями і рухами, яка повинна об'єднувати своїх членів на добровільній основі й бути відкритою для членства всім, хто має ділові інтереси в Україні у сфері надрокористування, за міжнародними аналогами (Australasian Joint Ore Reserves Committee (JORC), The Pan European Reserves and Resources Reporting Committee (PERC) та ін.);

– створення спеціалізованого громадського об'єднання фізичних осіб – наприклад, під назвою "Спілка експертів надр України" з розробленими положеннями про дисциплінарні заходи, положенням про членство, Кодексом професійної етики членів та іншими документами за аналогами (Mining and Metallurgical Society of America (MMSA), Australasian Institute of Mining and Metallurgy (AusIMM), American Institute of Professional Geologists та ін.);

– розробка проєкту Кодексу України стандартів публічної звітності про результати геологорозвідувальних робіт, оцінки мінеральних ресурсів і мінеральних запасів;

– розробка проєкту Керівництва з гармонізації стандартів публічної звітності України з міжнародними стандартами за системою CRIRSCO.

3. Вступ України до CRIRSCO з урахуванням виконання зазначених вище кроків потребує:

– подання заявки на членство в CRIRSCO та проходження відповідної процедури (протокол або меморандум узгодження) [8];

– міжнародного визнання асоціації (комітету) як професійної організації та входження до складу CRIRSCO.

Досвід впровадження стандартів за системою CRIRSCO на національному рівні (Казахстан, Киргизька Республіка, Узбекистан та ін.) свідчить про досягнення неоднозначних результатів:

– впровадження стандартів звітності зумовлювало проходження перехідного періоду зі зміною (адаптації) нормативних документів, що займало в середньому 5-7 років;

– регуляторні колізії та невідповідність (несумісність) нормативної бази у сфері надрокористування полягали в одночасному існуванні двох систем (підходів) щодо оцінки та звітності різних об'єктів з освоєння мінеральної сировини;

– результати діяльності інституту "компетентної особи" потребували постійної верифікації відповідності кваліфікації та контролю з боку регулятора.

Висновки. Важливою умовою підвищення привабливості гірничодобувної промисловості України є застосування міжнародної практики щодо формування методики та стандартів оцінки і звітності про запаси й ресурси мінеральної сировини, що також потребує внесення змін до законодавства у сфері надрокористуванння.

В Україні на законодавчому рівні передбачено можливість проведення стандартного (нормативного) та комерційного варіантів оцінки, що зумовлює потенційні розбіжності у меті освоєння мінеральних ресурсів (з боку держави та надрокористувача).

З урахуванням багатьох факторів, серед яких: зміна парадигми управління мінеральними ресурсами в контексті сталого розвитку, укладання геополітичних ресурсних угод, розподіл ресурсів та їх зосередження у світі (ланцюги постачання), різний рівень економічного розвитку країн тощо, використання державної (національної) концепції системи управління мінеральними ресурсами є надійним механізмом забезпечення збалансованості у розподілі екологічних та соціально-економічних вигод від використання природних ресурсів.

Державна експертиза залишається надійним механізмом верифікації та контролю з боку регулятора щодо достовірності кількісних і якісних характеристик мінеральної сировини та промислової цінності об'єктів надрокористування. Впровадження додаткових механізмів верифікації та паралельне існування інших підходів формування системи звітності про запаси і ресурси корисних копалин ускладнює збалансоване формування мінерально-сировинної бази України й створює додатковий тиск на регуляторну політику.

Крім того, варто зазначити, що в межах українського законодавства підготовка нарокористувачами публічних звітів про результати геологорозвідувальних робіт, запаси й ресурси корисних копалин за стандартами кодексів звітності сімейства CRIRSCO не заборонена жодним нормативним актом та проводилась і проводиться з ініціативи самих надрокористувачів.

Список використаних джерел:

1. Кирилюк О.В., Рудько Г.І., Ловинюков В.І., Григіль В.Г., Нецький О.В., Литвинюк С.Ф., Бала В.В., Курило М.М., Ткаченко М.В. (2019). Надрокористування в Україні. Київ-Чернівці: Букрек.

2. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин Державного фонду надр. (1997). Постанова Кабінету Міністрів України № 432 від 05.05.97. *Офіційний вісник України*, 19, 104.

3. Кодекс України про надра від 27.07.1994 р. № 132/94. (1994). Відомості Верховної Ради України, 36, 340.

4. Положення про порядок проведення державної експертизи та оцінки запасів корисних копалин (1994). Постанова Кабінету Міністрів України від 22.12.1994 № 865 // https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/865-94-%D0%BF#Text.

5. Порядок обліку родовищ, запасів і проявів корисних копалин : постанова Кабінету Міністрів України від 31.01.1995 № 75.

6. Положення про порядок розробки та обґрунтування кондицій на мінеральну сировину для підрахунку запасів твердих корисних копалин у надрах. Затверджено Наказом Державної комісії України по запасах корисних копалин 07.12.2005 N 300.

7. Про затвердження Порядку державної реєстрації робіт і досліджень, пов'язаних із геологічним вивченням надр : затв. наказом Міністерства екології та природних ресурсів України від 14.06.2013 № 263.

8. CRIRSCO Membership Process. (2019). (available online: https://crirsco.com/wp-content/uploads/2023/12/CRIRSCO_Membership_Process_v2_1_September_2019.pdf).

9. International reporting template for the public reporting of exploration targets, exploration results, mineral resources and mineral reserves. (2019) *The CRIRSCO International Reporting Template*. (available online: https://www.crirsco.com/template/)/

10. United Nations Framework Classification for Resources (UNFC) (2019). (available online: //https://unece.org/sites/default/files/2020-12/E_ECE_ENERGY_109_WEB.pdf1).

УДК 553

ПРОВІДНІ НАПРЯМИ ДІЯЛЬНОСТІ ДНВП «ГЕОІНФОРМ УКРАЇНИ» В ПЕРІОД ВДОСКОНАЛЕННЯ РЕГУЛЯТОРНОГО ПОЛЯ В ГАЛУЗІ НАДРОКОРИСТУВАННЯ

Бовсунівський П.В., *к. політ. н., доцент, p.bovsunivskyi@geomail.kiev.ua,*
ДНВП «Геоінформ України», Київ, Україна

Доповідь присвячена висвітленню діяльності ДНВП «Геоінформ України» в умовах продовження реформування галузі надрокористування. Автор звертає увагу зміни, що відбулися в законодавстві стосовно стратегічних та критичних корисних копалин, аналізує їх значення та інформує про діяльність підприємства, що стали їх наслідком.

Ключові слова: стратегічні та критичні корисні копалини, модернізація управління геоданими, штучний інтелект, дистанційне зондування Землі, послуги, Геоінформ України.

MAIN DIRECTIONS OF ACTIVITIES OF SRDE GEOINFORM OF UKRAINE DURING IMPROVEMENT OF THE REGULATORY FRAMEWORK OF THE SUBSOIL USE SECTOR

Bovsunivskyi P., *Cand. Sci. (Pol.), associate professor, p.bovsunivskyi@geomail.kiev.ua,*
SRDE Geoinform of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The speech describes activities of SRDE Geoinform of Ukraine in the context of the ongoing reform of the subsoil use sector. The author draws attention to the changes that have taken place in the legislation regarding strategic and critical minerals, analyzes their significance and provides information about the company's activities that resulted from these changes.

Keywords: SRM, CRM, modernization of geodata management, artificial intelligence, Earth observation, services, Geoinform of Ukraine.

В грудні 2024 року Верховна Рада України підтримала урядовий Проєкт Закону «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо оновлення Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року та регулювання деяких питань стосовно корисних копалин та компонентів стратегічного та критичного значення» [1]. Закон вніс низку зміни до Кодексу України про надра, зокрема, визначивши поняття стратегічних та критичних корисних копалин, процедуру формування та оновлення таких переліків. Крім того, унормовано шляхи формування переліків ділянок надр (родовищ корисних копалин) стратегічного та критичного значення, що надаватимуться у користування шляхом проведення електронних аукціонів та конкурсів на укладання угод про розподіл продукції (УРП). Згадані переліки були затверджені Кабінетом Міністрів України в липні 2025 року, що відкрило надрокористувачам можливість ініціювати проведення таких аукціонів та конкурсів [2].

Однією з ключових вимог успішного проведення аукціонів та конкурсів є доступ до геологічної інформації. Виконання Геоінформом контракту з Європейським банком реконструкції та розвитку робить значний внесок в досягнення цієї мети. Проєкт з модернізації управління геоданими, що фінансується Європейською комісією за програмою гарантій UIF Hi-Bar стартував у липні 2025 року та передбачає сканування 60 000 книг геологічних звітів, формування англомовних анотацій, створення ГІС-порталу з англомовним інтерфейсом, надання доступу онлайн до матеріалів. Основний фокус спрямований на стратегічні та критичні корисні копалини, підземні води та будівельну сировину. Для успішної реалізації проєкту придбане сканувальне обладнання та нову сучасну геоінформаційну систему на якій буде розгорнуто портал [3]. Наразі проект реалізується згідно плану.

Окрім забезпечення рівних прав доступу до наявних даних необхідне дотримання встановлених процедур та коректна підготовка документації. Геоінформ України оголосив про початок прийому замовлень на підготовку пакетів документів для ініціювання аукціонів з продажу спецдозволів та конкурсів на укладення УРП щодо корисних копалин стратегічного та критичного значення.

Також суб’єкти господарювання мають можливість замовити проведення попередньої економічної оцінки PEA (preliminary economic assessment) - дослідження, що включає економічний аналіз потенційної життєздатності гірничодобувного проекту.

Замовлення PEA у Геоінформа, також відомого як scoping study, допоможе гірничодобувним компаніям зрозуміти ризики та невизначеності, пов'язані з проектом.

Перш ніж подавати заяву на ініціювання аукціону чи конкурсу варто провести кілька технічних досліджень родовища, щоб впевнитись в його економічній життєздатності. Проведення PEA у гірничодобувній промисловості є одним із перших кроків, після чого проводиться prefeasibility та feasibility studies. Геоінформ України готовий здійснювати такі дослідження у разі зацікавленості суб’єктів господарювання.

Послуга з проведення передпроектного моніторингу ділянки надр, що пропонується для отримання спеціального дозволу на користування надрами теж є актуальною для надрокористувачів під час розгляду запропонованих державою обєктів. За результатом надання послуги замовник отримає інформацію про чинники, які можуть суттєво обмежити або унеможливити користування надрами в межах спеціального дозволу, який пропонується для отримання через аукціон [4].

Послуга виконується шляхом аналізу наявних в ДНВП «Геоінформ України» та доступних у відкритих джерелах даних щодо присутності на території майбутнього спеціального дозволу чинників, які обмежують або унеможливлюють надрокористування.

Затверджені Урядом переліки пропозицій до виставлення на аукціон та конкурс з укладання УРП є вичерпними та включать, загалом, відомі, розвідані раніше об’єкти надрокористування. Внесення змін до таких переліків родовищ та проявів, можливе, в частині нових об’єктів, зокрема, за наявності заяви особи, що має право на користування надрами про готовність взяти участь в аукціоні з продажу спеціального дозволу на користування надрами або конкурсі на укладення УРП чи включення до державного кадастру родовищ та проявів корисних копалин таких нових об’єктів надрокористування, зокрема проявів та родовищ металічних руд та неметалічних корисних копалин.

У цьому зв’язку, а також через плани Уряду розпочати роботи в рамках нещодавно затвердженої програми розвитку мінерально сировинної бази геологорозвідувальні роботи на стратегічні корисні копалини особливого значення набуває робота визначення ділянок надр, що перспективні для проведення пошукових та пошуково-оціночних робіт. Також формування пакету документів для ініціювання слабо розвіданих об’єктів вимагає високої кваліфікації виконавців та наявності інформаційних ресурсів. Все це присутнє в ДНВП «Геоінформ України».

Для пошуку та визначення нових перспективних ділянок під розвідку Геоінформ Геоінформ України розробляє й застосовує технології дистанційного зондування Землі (ЕО) та нейронні мережі. Розвиток сучасних технологій на підприємстві відбувається через участь у міжнародних проектах, де провідними партнерами є німецька (BGR) та фінська (GTK) геологічні служби, технічний університет Клуж-Напоки, фінський державний технологічний центр (VTT). Фахівці Геоінформу навчились формувати пакети даних для аналізу штучним інтелектом (AIKPs). Створена фахівцями Підприємства нейронна мережа застосовується для прогнозування розміщення покладів критичної сировини. Штучний інтелект (ШІ) розроблений Геоінформом використовує параметри віку, типу, складу порід, дані гравіметрії та магнітометрії. Участь у проекті GoldenRam по створенню платформи дистанційного зондування Землі (ЕО) дозволяє збільшити кількість параметрів для навчання ШІ за рахунок додавання даних дистанційного зондування, що покращить ефективність прогнозування. Серед учасників є низка провідних європейських видобувних компаній та ІТ розробників. Проект фінансується Єврокомісією [5]. Використання разом штучного інтелекту, даних дистанційного зондування Землі різного спектру, результатів геологічної розвідки є ефективним методом для виявлення та прогнозування розміщення критичної сировини. Геоінформ України продовжує роботи з

розробки, вдосконалення та впровадження сучасних методів геологічної розвідки в Україні.

Серед важливих завдань Геоінформу є адміністрування та ведення Каталогу відомостей про геологічну інформацію [6]. Відповідно до Порядку розпорядження геологічною інформацією, така інформація є об'єктом цивільно-правових відносин і може використовуватися як внесок до статутного капіталу юридичних осіб. Геологічна інформація, створена (придбана) за власні кошти юридичних та фізичних осіб, є їх власністю [7].

Для того, щоб офіційно підтвердити право власності на геологічну інформацію, її необхідно внести до Каталогу геологічної інформації — інформаційно-телекомунікаційної системи, що забезпечує облік, зберігання та поширення відомостей про геологічну інформацію, кожна одиниця якої отримує унікальний ідентифікаційний код, що дозволяє підтвердити її походження та правомірне володіння.

Крім того, згідно з умовами примірних угод про користування надрами, затверджених наказом № 176 наявний пункт угоди 7.3, зобов'язує щорічно подавати відомості про первинну та вторинну геологічну інформацію з метою їх обліку в Каталозі [8]. Це важливо, адже отримуєте офіційне визнання своєї геологічної інформації як власності, геологічна інформація, внесена до Каталогу, може бути предметом цивільно-правових угод та майнових прав, забезпечується відповідність вимогам нормативно-правових документів та угод про користування надрами, що необхідно для уникнення правопорушень.

Протягом більше як 2 роки процедурою, передбаченою ч.1 ст. 16-1 Кодексу про надра України, а саме повного або часткового відчуження прав на користування надрами, наданих спеціальним дозволом на користування надрами, скористались понад 100 надрокористувачів.

В свою чергу, в ДНВП «Геоінформ України» помітили тенденцію, що відчуження права на користування надрами, надані відповідним спеціальним дозволом, здійснюється без урахування нюансів пов'язаних з фіксацією права власності на геологічною інформацією як в Каталозі відомостей про геологічну інформацію (Каталог), так і належною фіксацією механізму передачі права власності на таку інформацію під час здійснення угоди.

Тобто надрокористувачі, які відчужують або набувають права на користування надрами забувають переоформлювати право власності на геологічну інформацію, хоча коректне оформлення передачі права власності на неї є не менш важливим ніж відчуження/придбання прав на користування надрами.

ДНВП «Геоінформ України» надає на платній основі консультаційні послуги з питань юридичного оформлення права власності на геологічну інформацію, здійснює підбір та внесення її до Каталогу з підготовкою витягу про таке внесення, проводить перереєстрацію прав власності та інші консультації послуги пов'язані із питанням геологічної інформації.

Таким чином, ДНВП «Геоінформ України» виконує завдання з оцифрування й оприлюднення геологічної інформації, гнучко реагує на запити надрокористувачів в умовах вдосконалення регуляторного поля та застосовує найновітніші технології під час надання послуг замовникам.

Список використаних джерел:

1. Закон України № 4154-IX «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо оновлення Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року та регулювання деяких питань стосовно корисних копалин та компонентів стратегічного та критичного значення» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4154-20#Text

2. Постанова КМУ від 14 липня 2025 р. № 845 Про затвердження переліків корисних копалин та компонентів стратегічного та критичного значення і переліків ділянок надр (родовищ корисних копалин) стратегічного та (або) критичного значення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/845-2025-%D0%BF#Text

3. За фінансової підтримки Європейського Союзу ЄБРР інвестує €1,8 млн в Україну для модернізації управління геолданими [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.geo.gov.ua/yebrr-investuie-e18-mln-v-ukrayinu-dlia-modernizatsiyi-upravlinnia-heoldanymy/

4. Перелік платних послуг ДНВП «Геоінформ України» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://geoinf.kiev.ua/wp/index.html

5. GoldenRam project information [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://goldenram-project.eu/

6. Положення про каталог відомостей про геологічну інформацію [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1074-20#n15

7. Порядок розпорядження геологічною інформацією [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-%D0%B2%D1%80#Text

8. Примірна угода про умови користування надрами з метою видобування корисних копалин [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ips.ligazakon.net/document/FN076886

УДК 553.04

ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ЗМІН КЛАСИФІКАЦІЇ ЗАПАСІВ І РЕСУРСІВ КОРИСНИХ КОПАЛИН ДЕРЖАВНОГО ФОНДУ НАДР У ПІДЗАКОННІ АКТИ ЯК ЧИННИК РЕФОРМУВАННЯ СФЕРИ ВИКОРИСТАННЯ НАДР

Нецький О.В., *gidronerud@dkz.gov.ua;* ***Паюк С.О.,*** *golova@dkz.gov.ua;*
Лагода О.А., *lawyer@dkz.gov.ua;* ***Бала Г.Р.,*** *annabala79@gmail.com,*
Державна комісія України по запасах корисних копалин, Київ, Україна

Окреслено проблематику змін нормативно-правових актів і методичних документів ДКЗ у зв'язку зі змінами Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр. На прикладі інструкцій ДКЗ із застосування Класифікації до родовищ піску та гравію, а також із застосування Класифікації до родовищ питних і технічних підземних вод висвітлено науково-практичні і методичні аспекти, що потребують актуалізації і удосконалення.

IMPLEMENTATION OF AMENDMENTS TO THE CLASSIFICATION OF MINERAL RESERVES AND RESOURCES OF THE STATE SUBSOIL FUND OF UKRAINE IN SUBORDINATE LEGISLATION AS A FACTOR IN REFORMING THE SUBSOIL USE SECTOR

Netskyi O., *gidronerud@dkz.gov.ua;* ***Paiuk S.,*** *golova@dkz.gov.ua;*
Lahoda O., *lawyer@dkz.gov.ua;* ***Bala H.,*** *annabala79@gmail.com,*
State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine

The issues of amendments to regulatory and legal acts and methodological documents of the State Commission of Ukraine on Mineral Resources (SCMR) related to amendments to the Classification of Mineral Reserves and Resources of the State Subsoil Fund of Ukraine have been outlined. Based on the example of the SCMR guidelines on the application of the Classification to sand and gravel deposits, and on the application of the Classification to drinking and technical groundwater deposits, the scientific, practical and methodological aspects requiring updates and improvements have been highlighted.

Вступ. Упорядкування гірничих відносин неможливе без належного нормативно-правового забезпечення. Основним законодавчим документом, що визначає особливості використання мінеральних ресурсів в державі, є Кодекс України про надра (далі – Кодекс), який набрав чинності 31 серпня 1994 року.

Оскільки законодавство в сфері користування надрами функціонує як вертикальна ієрархічна система нормативних актів, положення Кодексу конкретизують іншими нормативно-правовими актами.

Розділ ІІІ Кодексу регулює питання "Державний облік родовищ, запасів і проявів корисних копалин, а також ділянок надр, наданих у користування, не пов'язане з видобуванням корисних копалин" [1].

Облік запасів корисних копалин у Державному балансі здійснюється згідно з Класифікацією запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 05.05.1997 № 432 [2] (далі – Класифікація).

Після прийняття в 1997 році Класифікації, до неї, постановами Кабінету Міністрів України (від 05.07.2004 № 850, від 26.03.2008 № 264, від 19.09.2018 № 764), вносились зміни. Мета Класифікації, з часу її первинного формування, до поточного часу також залишається незмінною – Класифікація встановлює єдині для державного фонду надр України принципи підрахунку, геолого-економічної оцінки і державного обліку запасів корисних копалин згідно з рівнем їх промислового значення та ступенем геологічного і техніко-економічного вивчення, умови, що визначають підготовленість розвіданих родовищ корисних копалин до промислового освоєння, а також основні принципи кількісної оцінки ресурсів корисних копалин [3].

До набрання чинності постанови Кабінету Міністрів України від 19.09.2018 № 764 "Про внесення змін до пункту 8 Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин

державного фонду надр" запаси і ресурси корисних копалин, що характеризуються певними рівнями промислового значення і ступенями техніко-економічного та геологічного вивчення, розподілялись на класи, які ідентифікувались міжнародним трипорядковим цифровим кодом (табл. 1).

Таблиця 1. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до змін 2018 року

Промислове значення	Ступінь техніко-економічного вивчення	Ступінь геологічного вивчення	Код класу
1. Балансові	ГЕО-1	розвідані запаси	111
	ГЕО-2	– // –	121
	ГЕО-2	попередньо розвідані запаси	122
2. Умовно балансові та позабалансові	ГЕО-1	розвідані запаси	211
	ГЕО-2	– // –	221
	ГЕО-2	попередньо розвідані запаси	222
3. Промислове значення не визначено	ГЕО-3	– // –	332
	ГЕО-3	перспективні ресурси	333
	ГЕО-3	прогнозні ресурси	334

Ступінь геологічного вивчення розвіданих і попередньо розвіданих запасів для рівня промислового значення "Балансові" також містив такі додаткові поняття як "доведені" і "ймовірні" відповідно.

У 2018 р., для більш повного узгодження Класифікації з Рамковою класифікацією Організації Об'єднаних Націй-2009 (далі – РКООН 2009), як оновленої системи, що слугує базовою основою управління всіма ресурсами, необхідними для сталого розвитку, насамперед для підтримки розробки політичного курсу, управління національними ресурсами, інноваціями в сфері ведення бізнес-діяльності компаній та ефективного розміщення капіталу прийнято чинну редакцію Класифікації. Відповідно до неї, запаси і ресурси корисних копалин, що характеризуються категоріями за рівнем економічного, соціального та промислового значення, за ступенем техніко-економічного вивчення та підготовленості до розробки і категорією за ступенем геологічного вивчення та достовірності, що розподіляють на класи, які ідентифікуються за допомогою міжнародного трипорядкового цифрового коду (табл. 2).

Таблиця 2. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр після 2018 року (чинна редакція)

Категорії за рівнем економічного, соціального та промислового значення (вісь E)	Категорії за ступенем техніко-економічного вивчення та підготовленості до розробки (вісь F)		Категорії за ступенем геологічного вивчення та достовірності (вісь G)	Код класу згідно з Класифікацією	Клас РКООН-2009
1	*2*		*3*	*4*	*5*
1. Балансові запаси (1..) E1 E1.1; E1.2	запаси, що розробляються (F1.1), затверджені для розробки (F1.2) або для промислового освоєння (F1.3)	ГЕО-1; (.1.); F1	розвідані запаси (..1); G1	111 достовірні	комерційні запаси
	запаси, обґрунтовані для розробки F2.1; F2.2	ГЕО-2; (.2.); F2	розвідані запаси (..1); G1	121 вірогідні	
			попередньо розвідані запаси (..2); G2	122 вірогідні	
2. Умовно балансові і позабалансові запаси (2..) E2	розробка запасів очікується, зупинена або нерентабельна	ГЕО-1; (.1.); F1; F1.3	розвідані запаси (..1); G2	211	можливо комерційні запаси
		ГЕО-2; (.2.); F2 (F2.1; F2.2)		221	
			попередньо розвідані запаси (..2); G2	222	

1	*2*		*3*	*4*	*5*
3. Промислове значення запасів і ресурсів не визначене (3..); Е3; Е3.1; Е3.2; Е3.3	розробка запасів і ресурсів не визначена	ГЕО-3; (.3.); F3	розвідані запаси (..1); G1	331	некомерційні запаси
			попередньо розвідані запаси (..2); G2	332	
			перспективні ресурси (..3); G3	333	ресурси геологорозвідувальних робіт
			прогнозні ресурси (..4); G4	334	
	залишкові (додаткові) у надрах запаси, що не видобуваються	F4	розвідані запаси (..1); G1	341	залишкові (додаткові) запаси і ресурси
			попередньо розвідані запаси (..2); G2	342	
	залишкові (додаткові) у надрах запаси, що не видобуваються		перспективні ресурси (..3); G3	343	
			прогнозні ресурси (..4); G4	344	

Окрім зміни кількості класів з 10 до 14 і появи нових дефініцій у таблиці Класифікації, інших змін у Класифікацію внесено не було.

У 2022 р. Законом України від 1 грудня 2022 року № 2805-IX "Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо удосконалення законодавства у сфері користування надрами", який покликаний на створення прозорої, зручної та зрозумілої системи користування надрами, зменшення надмірного державного впливу на галузь, підвищення конкуренції та легалізації відносин у сфері користування надрами [4], внесено зміни до ряду законодавчих актів, зокрема, і до Кодексу, яким визначений механізм державної експертизи та оцінки ресурсів та запасів корисних копалин.

Питання геологічного вивчення надр визначені в розділі II Кодексу. Так, статтею 38 встановлені вимоги щодо геологічного вивчення надр, зокрема, пунктом 4 визначено, що при геологічному вивченні надр повинна забезпечуватись достовірність визначення кількості та якості запасів усіх корисних копалин і наявних у них компонентів, геолого-економічна оцінка родовищ корисних копалин. Відповідно до частини п'ятої статті 45 Кодексу під час здійснення державної експертизи та оцінки ресурсів та запасів корисних копалин за заявою користувача надрами можуть використовуватися Рамкова класифікація ООН для викопних енергетичних і мінеральних ресурсів 2019 року, класифікація Комітету з міжнародних стандартів звітності по запасах твердих корисних копалин (CRIRSCO), Система управління вуглеводневими ресурсами (PRMS) та інші міжнародні стандарти [5].

Станом на середину вересня 2025 року опрацювання змін до Класифікації перебуває на завершальному етапі: відповідно до зауважень профільних міністерств і відомств завершується формування редакції, яка буде подана на розгляд Уряду України.

Актуальність проблеми. З 1997 року, Державною комісією України по запасах корисних копалин (далі – ДКЗ) розроблено численну кількість інструкцій та методичних документів, що регулюють питання застосування Класифікації до родовищ окремих видів або груп споріднених видів корисних копалин, а також змісту, оформлення та подання до ДКЗ матеріалів геолого-економічної оцінки. Така діяльність ДКЗ загалом визначена постановою Кабінету Міністрів України від 10.11.2000 № 1689 відповідно до якої зазначено, що ДКЗ розробляє, в установленому порядку затверджує та подає на державну реєстрацію нормативно-правові акти, що регламентують застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ окремих видів або груп споріднених видів корисних копалин, та інші нормативно-правові акти, якими встановлюється зміст, оформлення та порядок подання на державну експертизу матеріалів, що містять геолого-економічну оцінку запасів родовищ корисних копалин [6]. Необхідно зазначити, що з 2008 року ДКЗ втратила статус суб'єкту нормотворення.

У частині неметалічних (нерудних) корисних копалин, а також питних і технічних підземних вод, гідромінеральної сировини та лікувальних грязей ДКЗ розроблено понад 30 нормативних актів, методичних документів щодо:

– застосування Класифікації до родовищ (питних і технічних підземних вод; мінеральних підземних вод; лікувальних грязей; теплоенергетичних підземних вод; промислових підземних вод; будівельного й облицювального каменю; бурштину; глинистих порід; каолінів; п'єзооптичного кварцу; піску та гравію; гіпсу і ангідриту; магматичних порід (окрім родовищ будівельного каменю); карбонатних порід; викопних солей; апатитових і фосфоритових руд; кременистих порід; флюориту; графіту);

– змісту, оформлення та порядку подання до ДКЗ матеріалів геолого-економічної оцінки, у т. ч. попередньої геолого-економічної оцінки родовищ (мінеральних підземних вод; питних і технічних підземних вод; лікувальних грязей; промислових підземних вод; теплоенергетичних підземних вод; металічних і неметалічних корисних копалин);

– інших питань геологічного вивчення, у т. ч. геолого-економічної оцінки (порядку техніко-економічного обґрунтування балансової належності експлуатаційних запасів родовищ (питних і технічних підземних вод; мінеральних підземних вод); повторної державної експертизи та оцінки запасів питних підземних вод; комплексного вивчення родовищ і підрахунку запасів супутніх корисних копалин і компонентів та відходів гірничого виробництва; розробки та обґрунтування кондицій на мінеральну сировину для підрахунку запасів твердих корисних копалин у надрах; оцінки природної радіоактивності корисних копалин при проведенні геологорозвідувальних робіт на родовищах будівельної сировини; геофізичного опробування при підрахунку запасів родовищ неметалічних корисних копалин; геолого-економічної переоцінки родовищ твердих корисних копалин, запаси яких були апробовані або затверджені раніше; достовірності підрахованих запасів твердих корисних копалин за даними геологічного вивчення і розробки ділянок надр, що подаються на державну експертизу ДКЗ; складу, змісту та оформлення матеріалів ТЕО кондицій для підрахунку запасів родовищ (ділянок) твердих корисних копалин).

Зміни законодавства, що відбувались зумовлюють необхідність актуалізації і перегляду значної кількості нормативних актів, методичних документів, що стосуються, зокрема, застосування Класифікації до окремих видів корисних копалин, підходів до їх геологічного вивчення, у т. ч. геолого-економічної оцінки.

Виклад основного матеріалу. Ураховуючи те, що родовища піску, а також питних підземних вод, охоплюють значний відсоток розвіданих родовищ корисних копалин України, використовуються як для задоволення безпосередніх соціальних і екологічних потреб населення (питні підземні води), так і мають застосування в переважній більшості галузей народного господарства, актуалізація інструкцій ДКЗ із застосування Класифікації до родовищ піску та гравію [7], а також із застосування Класифікації до родовищ питних і технічних підземних вод [8] вважається першочерговим завданням. У зв'язку з цим вбачається за доцільне опрацювання таких блоків питань.

1) для родовищ піску:

– термінології і понятійного апарату, зокрема, у зв'язку з набуттям чинності змін до переліків корисних копалин загальнодержавного та місцевого значення; визначення геолого-промислових типів "нових" корисних копалин; впровадження поняття геопросторових даних розміщення запасів та ресурсів піску; актуалізація кількості і змістовного наповнення категорій запасів і ресурсів піску (кодів класів);

– актуалізації стандартів, що регламентують якість піску, як корисних копалин загальнодержавного і місцевого значення, як сировини і продукції з нього; що визначають нові напрями застосування піску (наприклад, через фільтраційні властивості піску як матеріалу для очищення води);

– соціально-екологічного і техніко-економічного напрямів розробки родовищ піску: актуалізація і окреслення чинників для віднесення запасів до умовно балансових, позабалансових, запасів і ресурсів, промислове значення яких не визначено;

– раціонального і комплексного вивчення родовищ піску, у т. ч. порід розкриву, підстилаючих порід, з урахуванням дозвільного документу, виявлення нових властивостей піску під час геологічного вивчення (переведення однієї корисної копалини в іншу);

– обсягів робіт для підтвердження достовірності визначення (підтвердження) запасів і ресурсів піску для родовищ, що розглядаються повторно;

– окреслення вимог щодо підрахунку запасів за допомогою сучасних програмних комплексів;

– встановлення вимог до: змісту оформлення і порядку подання на розгляд ДКЗ родовищ піску; дослідно-промислової розробки піску (корисної копалини загальнодержавного значення);

2) для родовищ питних підземних вод:

– впровадження поняття геопросторових даних розміщення запасів та ресурсів питних підземних вод; актуалізація поняття межі родовища (ділянки); актуалізація кількості і змістовного наповнення категорій запасів і ресурсів питних підземних вод (кодів класів);

– актуалізації нормативних і технічних документів, що регламентують якість підземних вод, їх геологічне вивчення, проєктування систем водопостачання, відбір, зберігання, транспортування проб води;

– характеристики можливих напрямів використання підземних вод;

– соціально-екологічного і техніко-економічного напрямів експлуатації родовищ питних підземних вод: актуалізація і окреслення чинників для віднесення запасів до умовно балансових, позабалансових, запасів і ресурсів, промислове значення яких не визначено;

– актуалізації погоджень експлуатації родовищ підземних вод відповідно до сучасних вимог (вилучення погоджень, які втратили актуальність);

– встановлення вимог до дослідно-промислової розробки питних підземних вод з урахуванням сучасних вимог законодавства; перегляд вимог до геологічного вивчення родовищ підземних вод дуже складної геологічної будови (3 група) відповідно до Класифікації, підрахунок експлуатаційних запасів яких виконують переважно гідравлічним методом, з метою дотримання вимог до дослідно-промислової розробки таких родовищ;

– окреслення частоти і обсягів опробування експлуатаційних запасів підземних вод, що має виконуватись під час геологічного вивчення, у т. ч. геолого-економічної оцінки;

– опрацювання питань зони санітарної охорони водозабору, її розрахунку, підходів до встановлення;

– кваліфікації запасів питних підземних вод за ступенем геологічного вивчення, що не були підтверджені фактичним водовідбором;

– перегляду вимог щодо переоцінки запасів питних підземних вод.

Висновки. Приведення інструкцій, методичних документів, розроблених ДКЗ у попередні періоди, у відповідність до змін Класифікації, законодавства, у т. ч. щодо геологічного вивчення та раціонального використання надр, є одним з актуальних чинників реформування сфери використання надр.

На прикладі інструкцій ДКЗ із застосування Класифікації до родовищ піску та гравію, а також із застосування Класифікації до родовищ питних і технічних підземних вод окреслено блоки питань, що потребують опрацювання і приведення до сучасних вимог.

Список використаних джерел:

1. Кодекс України про надра. Відомості Верховної Ради України від 06.09.1994 – 1994 р., № 36, стаття 340.

2. Кодекс України про надра. Науково-практичний коментар / Майя Лаврінок, Михайло Камаса; [наук. ред.: Т. В. Курман, В. В. Шеховцов]. – Харків : Право, 2025. – 1000 с.

3. Постанова Кабінету Міністрів України від 05.05.1997 № 432 "Про затвердження Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр". Офіційний вісник України від 1997 р., № 19, стор. 104, код акта 700/1997.

4. Закон України № 2805-IX "Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо удосконалення законодавства у сфері користування надрами". Офіційний вісник України від 10.01.2023 – 2023 р., № 2, стор. 99, стаття 85, код акта 115714/2022.

5. Пояснювальна записка до проєкту постанови Кабінету Міністрів України "Про внесення змін до Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр". Електронний ресурс: https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/2025/01/poiasniuvalna-do_proiektu_klasyfikatsii%CC%88_2024.docx.

6. Постанова Кабінету Міністрів України від 10.11.2000 № 1689 "Про затвердження Положення про Державну комісію України по запасах корисних копалин". Офіційний вісник України від 01.12.2000 – 2000 р., № 46, стор. 194, стаття 1997, код акта 17152/2000.

7. Про затвердження Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ піску та гравію. Наказ ДКЗ від 25.06.2007 № 198. Електронний ресурс: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0819-07#Text.

8. Про затвердження Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ питних і технічних підземних вод. Наказ ДКЗ від 04.02.2000 № 23. Електронний ресурс: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0109-00#Text.

УДК 553.495 (477)

ІНВЕСТИЦІЙНІ ПЕРСПЕКТИВИ НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ: РИЗИКИ ТА МОЖЛИВОСТІ

Гірний Й.В., *office@tq.in.ua;*
ГО «Моніторинг та Режим», Івано-Франківськ, Україна

У статті розглянуто інвестиційні перспективи надрокористування в Україні в контексті сучасних викликів та можливостей. Проаналізовано мінерально-сировинний потенціал держави, зокрема запаси критично важливих мінералів (літій, титан, рідкісноземельні елементи), будівельних матеріалів, підземних та мінеральних вод, а також геотермальних ресурсів. Окреслено ключові напрями інвестиційної привабливості для внутрішніх і міжнародних компаній. Визначено основні ризики, пов'язані з військово-політичною ситуацією, екологічними наслідками, регуляторними та фінансовими бар'єрами. Особливу увагу приділено реформі системи спеціальних дозволів на користування надрами, впровадженню електронних аукціонів та відкритому доступу до геологічної інформації. Показано, що попри позитивні зміни, залишаються проблеми адміністративних бар'єрів і правової невизначеності у процедурах видачі дозволів, зокрема без аукціону. Запропоновано шляхи вдосконалення дозвільної системи: цифровізація, уніфікація вимог, розширення кола експертних установ та створення незалежного апеляційного механізму. Зроблено висновок, що за умови подолання існуючих перешкод надрокористування може стати ключовим драйвером післявоєнного економічного зростання України, забезпечуючи баланс між економічними вигодами, екологічною безпекою та інтересами місцевих громад.

INTENSIFICATION OF INVESTMENT ATTRACTION IN SUBSOIL DEVELOPMENT AND CERTAIN ASPECTS OF SUBSOIL USE

Girniy J., *office@tq.in.ua;*
NGO "Monitoring and Regime", Ivano-Frankivsk, Ukraine

The paper explores the investment prospects of subsoil use in Ukraine in the context of current challenges and opportunities. The country's mineral resource potential is analyzed, with a focus on critical raw materials (lithium, titanium, rare earth elements), construction materials, underground and mineral waters, as well as geothermal resources. Key areas of investment attractiveness for domestic and international companies are outlined. The study highlights the main risks associated with the military-political situation, environmental impacts, regulatory and financial barriers. Special attention is given to the reform of the licensing system for subsoil use, the introduction of electronic auctions, and the open access to geological information. Despite positive changes, administrative barriers and legal uncertainties in licensing procedures, particularly those conducted without auctions, remain significant issues. Possible solutions are proposed, including digitalization, unification of requirements, expansion of the list of authorized expert institutions, and the creation of an independent appeal mechanism. It is concluded that overcoming these obstacles would enable subsoil use to become a key driver of Ukraine's post-war economic growth, ensuring a balance between economic benefits, environmental safety, and the interests of local communities.

Надрокористування є однією з ключових галузей економіки України, що має визначальне значення для розвитку держави в умовах сучасних викликів. Використання надр забезпечує енергетичну та сировинну безпеку, створює робочі місця, формує податкові надходження та валютні ресурси. У контексті війни та майбутньої відбудови країни роль цієї галузі стає ще більшою: саме вона може стати одним із драйверів відновлення економіки, залучення інвестицій та інтеграції України у світові ринки.

Україна входить до числа найбагатших у Європі країн за різноманітністю мінерально-сировинної бази. На її території відкрито понад двадцять тисяч родовищ і проявів корисних копалин, з яких більше восьми тисяч мають промислове значення. В структурі економіки ця сфера забезпечує близько п'яти відсотків ВВП, понад тридцять відсотків валютних надходжень від експорту та до сорока відсотків вантажообігу залізничного транспорту. Ці цифри свідчать: надра не просто є ресурсом – вони формують фінансову основу державності.

Мінерально-сировинний потенціал України

Ресурсна база України надзвичайно різноманітна. У першу чергу варто згадати про енергетичні ресурси: природний газ, вугілля, уранові руди. Вони визначають енергетичну

незалежність держави й формують базу для майбутнього переходу до більш екологічно чистих технологій.

Проте справжнім стратегічним напрямом розвитку стають так звані критично важливі мінерали — літій, кобальт, титан, цирконій та рідкісноземельні елементи. В умовах глобальної електромобільної революції та розвитку акумуляторної промисловості попит на літій стрімко зростає. В Україні відомі Шевченківське, Полохівське та деякі інші родовища літієвих руд, які потенційно здатні забезпечити Європу власною сировинною базою для виробництва батарей. Аналогічно, титанові родовища Іршанського та Самотканського типу роблять Україну одним із найбільших світових гравців на цьому ринку, що є стратегічно важливим для авіакосмічної та оборонної промисловості.

Не менш значущими є будівельні матеріали: цементна сировина, глина, вапняки, щебінь. Масштабна повоєнна відбудова України потребуватиме колосальних обсягів будматеріалів, і ця потреба стане одним із головних чинників інвестиційної активності у найближчі десятиліття.

Україна володіє значним потенціалом мінеральних вод, відомих своїм лікувальним ефектом і цінними фізико-хімічними властивостями. Їх родовища розташовані від Закарпаття та Львівщини до Полтавщини, а всесвітньо відомими стали курорти Трускавець, Моршин, Свалява, Поляна, Миргород. Унікальність українських мінеральних вод полягає у широкому спектрі хімічних типів — від гідрокарбонатно-натрієвих до сульфатно-кальцієвих і хлоридних, що дозволяє використовувати їх як у санаторно-курортному лікуванні, так і в промисловому розливі. Попит на мінеральні води стабільно високий як в Україні, так і на зовнішніх ринках, а їх експорт може стати одним із перспективних напрямів розвитку.

Не менш важливим є потенціал прісних підземних вод, які становлять основу централізованого та децентралізованого водопостачання. В умовах глобального дефіциту якісної питної води та зміни клімату українські підземні води набувають стратегічного значення. Ресурси артезіанських горизонтів, зокрема в межах Дніпровського, Прикарпатського та Причорноморського артезіанських басейнів, є базовим резервом для забезпечення населення питною водою. Виклики тут полягають у ризиках забруднення промисловими відходами, агрохімікатами та несанкціонованою забудовою зон санітарної охорони свердловин. Для інвесторів це відкриває напрямок створення сучасних систем моніторингу та очищення, а також розвитку бізнесу з розливу питної води.

Окремий напрям інвестиційного потенціалу становлять геотермальні ресурси. В Україні виявлено понад 300 перспективних ділянок, де можливе використання теплових вод для виробництва енергії, опалення будівель та теплиць, а також для рекреаційних і оздоровчих цілей. Найбільш відомі геотермальні райони — Закарпаття, Крим (тимчасово окупований), Причорноморський та Дніпровсько-Донецький басейни. У світі геотермальна енергетика активно розвивається як екологічно чиста альтернатива традиційним джерелам енергії, і Україна може долучитися до цієї тенденції. Залучення інвестицій у геотермальні проєкти дозволить одночасно зменшити залежність від викопного палива та створити нові екологічні види бізнесу.

Можливості для інвесторів

Для інвесторів українські надра відкривають надзвичайно широкий спектр можливостей. Літієві родовища дають шанс інтегрувати Україну у глобальний ланцюг виробництва акумуляторів. Титанові ресурси дозволяють зміцнити позиції на світовому ринку авіаційної та космічної промисловості. Будівельні матеріали матимуть стабільний попит завдяки внутрішнім потребам відбудови, а також експортним можливостям у країни ЄС. Мінеральні води зберігають свою унікальність та попит у сфері курортології й медицини. Не менш перспективними є й запаси прісних підземних вод, які є базовим джерелом питного водопостачання для більшості регіонів країни. В умовах глобального дефіциту якісної питної води вони набувають стратегічного значення, відкриваючи нові

можливості для інвестицій у сфері розливу бутильованої води, розвитку сучасних систем водопостачання та екологічного моніторингу.

Україна має ще одну важливу перевагу — географічне розташування. Близькість до Європейського Союзу та наявність розвиненої транспортної інфраструктури роблять українські ресурси доступними для експорту. Це створює додаткову інвестиційну привабливість у порівнянні з багатьма іншими країнами світу.

Ризики та бар'єри

Проте разом із можливостями існують серйозні ризики. Перш за все – військово-політичні. Частина ресурсів розташована на тимчасово окупованих територіях, а інвестиційна діяльність у прифронтових регіонах залишається високоризиковою.

Другим блоком виступають екологічні ризики. Інтенсивний видобуток може призвести до деградації земель, виснаження водоносних горизонтів, забруднення річкових басейнів. У сучасному світі екологічний фактор стає ключовим у прийнятті інвестиційних рішень, адже міжнародні фінансові інституції та великі компанії орієнтуються на ESG-показники.

Не можна оминути увагою регуляторні та бюрократичні перепони. Часті зміни законодавства, нестабільність податкової політики та тривалі погоджувальні процедури створюють атмосферу невизначеності. Це знижує інвестиційну привабливість навіть там, де ресурси є беззаперечно перспективними.

Реформи у системі спеціальних дозволів

Особливої уваги заслуговує реформа системи видачі спеціальних дозволів на користування надрами. Адже саме дозвільна система визначає, чи матиме інвестор доступ до ресурсів.

До 2018 року вона була закритою та корупційно ризикованою. Дозволи часто видавалися за «ручними» процедурами, конкурси проводилися формально, а підготовка документів могла тривати роками. Це відлякувало міжнародних інвесторів і створювало умови для зловживань.

З 2019 року ситуація почала змінюватися завдяки впровадженню електронних аукціонів через систему ProZorro.Продажі. Тепер спеціальні дозволи продаються прозоро: учасники бачать ставки конкурентів, а переможцем стає той, хто запропонував найвищу ціну. Це призвело до значного зростання конкуренції за лоти, підвищення їх вартості та збільшення бюджетних надходжень. Важливим нововведенням стало створення онлайн-геопорталу ДНВП «Геоінформ Україна», де інвестори можуть ознайомитися з картами родовищ і базовими характеристиками ділянок.

Адміністративні перепони та суб'єктивність у процедурі без аукціону

Попри позитивні зміни, серйозною проблемою залишаються адміністративні бар'єри. Навіть після успішної участі в електронному аукціоні компанії стикаються з тривалими погоджувальними процедурами у Державній службі геології та надр, численними формальними зауваженнями до документації та затримками в її остаточному оформленні. Це знижує ефективність реформи та стримує фактичний початок інвестиційних проєктів.

Ще більш проблемною є процедура видачі спеціальних дозволів без аукціону, яка застосовується для підземних та мінеральних вод. У цій сфері простежуються суперечності у практиці експертиз. Зокрема, для офіційного визнання води мінеральною обов'язковим є висновок Одеського інституту курортології та реабілітації. За його відсутності заявники отримують відмови навіть за наявності повного пакета геологічних матеріалів. Водночас трапляються ситуації, коли в межах ділянок, де геологічні умови не підтверджують наявність мінеральних вод і відповідно такий висновок не може бути наданий, підприємства також отримують відмови — з формулюванням про «наявність інформації щодо можливих мінеральних вод». Таким чином, відсутність чітких і уніфікованих підходів

до експертизи призводить до правової невизначеності, що стримує розвиток нових проєктів у сфері підземних вод.

Додаткові труднощі виникають під час подачі ситуаційних планів. Якщо раніше такі матеріали приймалися в уніфікованому вигляді та на основі топографічних карт масштабу 1:25000 чи 1:50000, що дозволяло без проблем визначати координати, то нині підприємства дедалі частіше отримують відмови з формулюванням «неможливо перевірити правильність координат». Навіть після усунення зауважень нерідко висуваються нові вимоги, і процедура затягується на місяці. Важливо зазначити, що чинна вимога подавати ситуаційний план «у масштабі, який дає змогу перевірити достовірність координат», є нечіткою і залишає широке поле для суб'єктивної оцінки. У підсумку результат залежить від індивідуальної інтерпретації конкретного спеціаліста, який здійснює перевірку, що створює правову невизначеність і додаткові адміністративні перепони.

Окрему категорію труднощів становить узгодження прав користування надрами з правами власності на земельні ділянки. На практиці нерідко трапляються випадки, коли підприємство отримує спеціальний дозвіл на ділянку надр для розробки родовищ піщано-гравійної сировини, проте сама територія належить приватним землевласникам або перебуває у комунальній власності. Додаткові проблеми виникають і при розміщенні свердловин, які можуть потрапляти на землі іншого власника. Це створює правову колізію між користувачем надр та землевласником, оскільки законодавство вимагає узгодження та компенсаційних механізмів, але чіткі процедури врегулювання подібних ситуацій досі залишаються недостатньо визначеними. У результаті реалізація інвестиційних проєктів може затримуватися на етапі погоджень, що підвищує ризики для інвестора та потребує вдосконалення нормативної бази.

Наслідки подібних практик є очевидними та багатовимірними. По-перше, інвестори поступово втрачають довіру до системи, оскільки замість прозорих і передбачуваних процедур стикаються з правовою невизначеністю та надмірними бюрократичними бар'єрами. По-друге, бізнес змушений нести додаткові фінансові витрати й витрачати час на повторні подачі документів та усунення формальних зауважень. По-третє, така ситуація створює ґрунт для корупційного тиску, адже відсутність чітких і уніфікованих правил залишає простір для суб'єктивних рішень окремих посадових осіб. У сукупності це гальмує розвиток інвестиційних проєктів, знижує конкурентоспроможність галузі та уповільнює залучення України до міжнародних ринків ресурсів.

Подальші кроки та рекомендації

Подолати зазначені виклики можливо лише шляхом подальшої цифровізації та уніфікації дозвільних процедур. Одним із першочергових кроків має стати запровадження чіткого та вичерпного переліку підстав для відмови у видачі спеціальних дозволів, що виключатиме довільне трактування законодавчих норм і мінімізуватиме суб'єктивний підхід окремих посадових осіб. Не менш важливим є унормування вимог до ситуаційних планів: їхній формат і масштаб повинні бути стандартизовані, а перевірка координат — здійснюватися автоматизовано за допомогою геоінформаційних систем, що гарантуватиме об'єктивність результатів.

Важливим інструментом має стати створення незалежного апеляційного механізму, який дозволить заявникам оскаржувати рішення Державної служби геології та надр України в оперативному й прозорому порядку. Такий підхід забезпечить баланс між інтересами держави, бізнесу та громад, зменшить ризики корупційного впливу й сприятиме формуванню справді конкурентного інвестиційного середовища у сфері надрокористування.

Для держави першочерговими завданнями у сфері надрокористування є створення стабільного та прогнозованого регуляторного середовища. Насамперед це передбачає стабілізацію податкової політики та виключення частих змін законодавства, що знижують інвестиційну привабливість галузі. Важливим напрямом є також формування «єдиного

інвестиційного вікна», яке забезпечить спрощення процедур взаємодії між надрокористувачем та державними органами, скорочення часу на отримання дозволів і підвищення прозорості рішень. Держава має підтримувати стратегічних інвесторів, зокрема у сферах видобутку критично важливих мінералів та розвитку інфраструктури водопостачання, оскільки ці напрями безпосередньо впливають на економічну та енергетичну безпеку країни. Окремим завданням виступає посилення екологічного контролю та гармонізація національних стандартів з європейськими вимогами у сфері охорони довкілля.

Для бізнесу ключовими пріоритетами стають впровадження сучасних технологій геологічних досліджень і моніторингу, що дозволяє зменшити ризики при плануванні проєктів і забезпечити ефективне використання ресурсів. Не менш важливим є налагодження партнерських відносин з місцевими громадами, оскільки саме вони найбільше відчувають екологічні та соціальні наслідки видобувної діяльності. Прозорий діалог із громадами, участь у соціально значущих проєктах і дотримання принципів корпоративної соціальної відповідальності здатні суттєво підвищити довіру та легітимність інвесторів. Нарешті, важливим завданням бізнесу є страхування інвестиційних ризиків — як комерційних, так і політичних, — що дозволяє мінімізувати фінансові втрати в умовах нестабільності та посилити захищеність капіталовкладень.

Україна володіє унікальним мінерально-сировинним потенціалом і має всі передумови, щоб посісти гідне місце серед провідних гравців світового ринку ресурсів. Уже здійснені кроки у реформуванні дозвільної системи, зокрема впровадження електронних аукціонів та відкритого доступу до геологічної інформації, підтверджують реальність руху в напрямі прозорості та цифровізації. Водночас зберігаються системні виклики — адміністративні бар'єри, правова невизначеність та суперечливість процедур, особливо у сфері видачі спеціальних дозволів без аукціону. Наявність різночитань і залежності від окремих експертних висновків створює додаткові ризики для інвесторів і стримує розвиток галузі.

Подолання цих проблем можливе через уніфікацію вимог, впровадження європейських стандартів управління ресурсами та мінімізацію простору для суб'єктивних рішень. У такому випадку надрокористування стане одним із ключових драйверів економічного зростання й післявоєнного відновлення країни. Ця сфера здатна забезпечити баланс між економічними вигодами та екологічною безпекою, створити нові можливості для місцевих громад, стимулювати розвиток суміжних галузей і сприяти інтеграції України у світові ринки. Саме тому майбутнє надрокористування має розглядатися не лише як галузевий напрям, а й як стратегічний чинник національної безпеки та сталого розвитку держави.

Список використаних джерел:

1. Кодекс України про надра : Закон України від 27 лип. 1994 р. № 132/94-ВР (із змінами та допов.). Відомості Верховної Ради України. 1994. № 36. Ст. 340.
2. Про затвердження Порядку надання спеціальних дозволів на користування надрами: Постанова Кабінету Міністрів України від 30 трав. 2011 р. № 615 (зі змінами). Офіційний вісник України. 2011. № 41. Ст. 1682.
3. Державна служба геології та надр України. Офіційний вебсайт. URL: https://www.geo.gov.ua (дата звернення: 28.09.2025).
4. Державне науково-виробниче підприємство «Геоінформ України». Геоінформаційний портал. URL: http://geoinf.kiev.ua (дата звернення: 28.09.2025).
5. Державна служба статистики України. Офіційні статистичні дані. URL: https://ukrstat.gov.ua (дата звернення: 28.09.2025).
6. ProZorro.Продажі: офіційний портал електронних аукціонів. URL: https://prozorro.sale (дата звернення: 28.09.2025).

7. ДУ «Український науково-дослідний інститут медичної реабілітації та курортології МОЗ України». Курортологія та реабілітація: офіційні матеріали. URL: https://kurort.gov.ua (дата звернення: 28.09.2025).

8. Critical Raw Materials for the EU : Report of the Ad hoc Working Group on defining critical raw materials. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2023. 100 p.

9. World Bank. Ukraine: Harnessing Natural Resources for Recovery and Development. Washington, DC : The World Bank, 2022. 86 p.

10. Зубов С.І., Пономаренко В.О. Мінерально-сировинна база України та перспективи її розвитку. Київ : Ніка-Центр, 2020. 312 с.

УДК 553:336

ПРОБЛЕМИ ДЕРЖАВНОЇ ГЕОЛОГІЧНОЇ СЛУЖБИ ТА НАДР УКРАЇНИ ТА ОПТИМАЛЬНІ ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Вдовиченко А.І.*[1]*, *академік АТН України, vdovichenkoai@gmail.com;*
Калинович В.М.*[2]*, *karat.byr@gmail.com,*
1 – Академія технологічних наук України, м. Київ, Україна,
2 – Спілка буровиків України, м. Київ, Україна

Дослідженнями виявлені проблеми в діяльності Державної служби геології та надр України, які суттєво гальмують розвиток геологічної галузі та негативно впливають на економіку країни. Головними проблемами визначені такі: призначення не професійних керівників на усіх рівнях та нетривале їх перебування на посадах; при реформуваннях не використовуються найкращий світовий досвід організації геологічної служби; Держгеонадра України не виконує своїх основних функцій з геологічного вивчення надр та їх раціонального використання, а зосередилась на ліцензуванні надрокористування. Наведено позитивний приклад стабільності геологічних служб розвинутих країн. Запропоновані оптимальні шляхи вирішення проблем.

ISSUES OF THE STATE SERVICE OF GEOLOGY AND SUBSOIL OF UKRAINE AND OPTIMAL WAYS TO RESOLVE THEM

Vdovychenko A., *academician of ATS of Ukraine, vdovichenkoai@gmail.com;*
Kalynovych V.*[2]*, *karat.byr@gmail.com,*
1 – Academy of Technological Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine,
2 – Union of Drillers of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The research revealed problems in the activities of the State Service of Geology and Subsoil of Ukraine, which significantly hinder the development of the geological industry and negatively affect the country's economy. The main problems identified are: the appointment of unprofessional managers at all levels and their short tenure; the best international experience in organizing the geological service is not used during reforms; The State Geological Service of Ukraine does not perform its main functions of geological study of subsoil and its rational use, but has focused on licensing subsoil use by the geological service. Optimal ways to solve problems are proposed.

На ефективність надрокористування в першу чергу суттєво впливає діяльність Державної служби геології та надр України (ДСГНУ), недоліки в роботі якої руйнує геологічну галузь.

Автори дослідили діяльність ДСГНУ за роки незалежності (1991-2025) та виявили деякі серйозні проблеми, які негативно впливають на розвиток галузі і запропонували оптимальні напрями їх вирішення.

В роботах Анастасії Балоги [1,2] на підставі досліджень визначено, що ДСНГУ не забезпечує ряд ключових і прогресивних функцій у сфері надрокористування, таких як: моніторинг кон'юнктури ринків мінеральних ресурсів, популяризація мінерально-сировинного комплексу і забезпечення проведення робіт із залучення інвестицій в розвиток МСБ. Також в її роботах надано оцінку мінерально-сировинної політики України та порівняно її з мінерально-сировинною політикою окремих країн ЄС (Німеччина, Польща, Франція, Великобританія, Швеція, Фінляндія) та Австралії. На сьогодні Україна при досить потужній мінерально-сировинній базі проводить мінерально-сировинну політику в основу якої покладено: законодавчий дуалізм; застарілу та недієву структуру інституційного забезпечення вивчення та використання надр; відсутність вільного та рівноправного доступу до баз даних якісної та систематизованої геологічної інформації; неготовність до конкурентної та прозорої аукціонної системи надання надр у користування; стримування, а інколи і повного блокування інвестиційної ініціативи.

В роботі авторів [3] визначено, що період незалежності України характеризується безкінечними непродуманими реорганізаціями центральних органів виконавчої влади із змінами назв та їх очільників, що негативно впливало на розвиток галузей і в цілому на економіку країни.

Український геологічний комітет, Геологічна служба України – найбільш вдалі науково обґрунтовані назви державного органу, який відповідає за геологічне вивчення і раціональне використання надр. Така назва існує в більшості розвинутих країн світу.

В США геологічна служба існує без змін з 1879 р. Цей позитивний приклад Україна чомусь не наслідує.

Геологічна служба Норвегії без змін існує з 1858 р. Дані про керівників за період 1859-2018 рр. приведені в табл. 1.

Таблиця 1. Керівники Геологічної служби Норвегії за період 1859-2018 рр.

№ з.п.	Керівники служби	Період керування	Тривалість керування, років
1	Теодор Керульф	1858 – 1888	30
2	Ханс Хенрик Ройш	1888 – 1921	33
3	Карл Багге	1921 – 1958	38
4	Харальд Бьёрликке	1958 – 1973	15
5	Кнут Хейер	1974 – 1994	20
6	Арне Бьёрликке	1994 – 2018	24

За 163 роки змінилось всього 6 керівників цієї служби. Середній термін перебування керівника – 27 років, найбільший – 38, найменший – 15. І ніхто не збирається там щось кардинально змінювати – все випробувано часом.

Для порівняння в табл. 2 приведені дані про тривалість і фах керівників геологічної галузі України за період незалежності 1991-2024 рр.

Таблиця 2. Керівники Геологічної служби України за роки незалежності 1991-2024 рр.

№ з.п.	Керівник служби	Період керівництва	Терміни керівництва, років, місяців	Фах керівника
1	Гавриленко М. М.	1991-1997	6 р.	Геологорозвідник
2	Гошовський С. В.	1997-1999	3 р.	Геофізик
3	Гурський Д.С.	06.02.2002-19.08.2004 29.08.2005-20.12.2006	2 р., 6 міс 1 р., 4 міс.	Геолог
4	Мормуль Д. Д.	30.01.2006-24.03.2010	4 р., 2 міс	Фінансист
5	Безух А. В.	24.03.2010-28.12.2010	9 міс.	Філолог
6	Ставицький Е. А.	28.12.2010-20.04.2012	4 міс.	Гірник
7	Проскуряков О. А.	16.05.2012-24.12.2012	7 міс.	Геолог
8	Дудінов В. О.	16.01.2013-19.09.2013	8 міс.	Юрист
9	Сторожев Р. І.	20.12.2013-30.04.2014	4 міс	Юрист
10	Кащук Д. Д.	21.05.2014-10.12.2014	7 міс.	Економіст
11	Бояркін М. О.	23.01.2015-18.05.2017	2 р., 4 міс.	Економіст
12	Кирилюк О. В.	18.05.2017-25.09.2019	2 р., 3 міс	Будівельник
14	Гончаренко В.В.	25.09.2019-08.11.2019	2 міс.	Юрист
15	Опімах Р. С.	08.11.2019-08.11.1024	5 р.	Міжнародник
16	Гоцинець О.С.	з 2024		Нафтогазова геологія

За 33 роки незалежності в Україні змінилось 15 керівників геологічної галузі, найбільше керував Микола Гавриленко – 6 років, найменше – Вадим Гончаренко – 2 міс., в середньому – 3 роки.

З 2006 р. більшість призначених керівників були непрофесіоналами, що негативно вплинуло на стан геологічної галузі. На керівні посади виробничих підприємств та їх структурних підрозділів також призначались особи без досвіду, і які не мали ніякого відношення до галузі. Кадрові питання є головною проблемою галузі, вирішення якої є першочерговим завданням.

У більшості розвинутих країн геологічні служби є урядовими науково-дослідними організаціями, які займаються дослідженнями в геології та інших споріднених галузях, але її основна діяльність зосереджена на вивченні та розвідці корисних копалин. Тому головним підрозділом геологічної служби є геологічний інститут, а в деяких країнах геологічна служба навіть підпорядковується геологічному інституту.

Так в структуру Польського геологічного інституту входить геологічна служба. До складу геологічної служби Польщі як підрозділу входять такі відділи: координації геологорозвідувальних робіт, геології та економічної геології, геологічної картографії та регіональних геологічних програм, інженерної геології, гідрогеології та навколишнього середовища, геологічних баз даних, програмного моделювання геологічних процесів, геологічний архів. Крім геологічної служби в складі Інституту є також група відділів досліджень та розробок, які відповідають за науковий напрям: планування та досліджень, мінеральних ресурсів та енергетичних корисних копалин, відділ регіональної геології, відділ гідрогеології навколишнього природного середовища, моделювання геологічних процесів, видавничий відділ. Основні функції, що виконує державні інституції геологічного сектору Польщі: науково-інформаційний супровід, геологічний нагляд, екологічна безпека [1].

Геологічна служба Японії представлена Геологічним інститутом у м. Цукуба та кількома лабораторіями в основних містах країни і виконує фундаментальні дослідження, геологічну зйомку і пошуки корисних копалин Структурно інститут входить в Управління науки і промисловості Міністерства торгівлі і промисловості [4].

Геологічні служби Франції, Великобританії, Швеції та Фінляндії не займаються аукціонною діяльністю, зокрема і видачею спеціальних дозволів на надрокористування. В інших країнах така діяльність має консультативний характер.

Останні роки геологічна служба в Україні в основному зосереджена на ліцензуванні, що підтвердив голова Держгеонадр України Роман Опімах у привітанні учасникам 9-ї конференції: «Держгеонадра разом з командою Міндовкілля і далі працюють над впровадженням пріоритетних реформ у галузі надрокористування. Це оцифруванням послуг, модернізація регуляторного поля та налагодженням ефективного контролю держави» [5].

Реформування Українського державного геологорозвідувального інституту (УкрДГРІ), яке відбулось під керівництвом Романа Опімаха фактично ліквідувало Інститут і тим самим позбавила ДСГНУ повноцінно виконувати свої головні функції.

З огляду наведеного пропонується:

1. Організувати обговорення широким колом науковців і фахівців, громадськості геологічної галузі та влади усіх рівнів проблем ДСНГУ та розробки дієвих заходів з відновлення повноцінної діяльності служби на основі кращих світових практик.

2. В центрі уваги при розробці заходів повинно бути питання відновлення діяльності Геологічного інституту України та його регіональних відділень в Полтаві, Чернігові, Львові, Дніпропетровські та Харкові.

3. На базі діючих регіональних геологічних структурних підрозділів створити обласні самостійні геологічні служби наділені повноваженнями вирішувати весь комплекс питань, пов'язаних із геологічним вивченням та раціональним використанням надр на місцевому рівні.

Список використаних джерел:

1. Балега А.В., Вижва С.А., Курило М. Інституційне забезпечення геологічного вивчення та використання надр: національний вимір і міжнародний досвід. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія. 2018. Вип. 4 (83). С. 63-72

2. Балега А.В. Мінерально-сировинна політика і геологічне вивчення надр в умовах асоціації з ЄС. Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних

наук за спеціальністю 04.00.19 – економічна геологія. Київський національний університет імені Тараса Шевченка МОН України, Київ, 2019.

3. Вдовиченко А.І., Калинович В.М., Соколова І.В. Напрями удосконалення Кодексу України про надра // Матеріали Сьомої міжнародної науково-практичної конференції: «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування» у 2 т. (2021 р., м. Львів). Державна комісія України по запасам корисних копалин (ДКЗ), 2021. – Т.1. – К.: ДКЗ, 2021. - С. 36 – 39.

4. Вдовиченко А.І., Ремезова О.О. Концепція реформування геологічної галузі в Україні. Матеріали 6-го з'їзду Спілки геологів України. 05.12.1917.

5. Опімах Р. Вітання учасникам конференції // Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. Матеріали Дев'ятої міжнародної науково-практичної конференції (7-11 жовтня 2024 р., м. Львів). Державна комісія України по запасах корисних копалин (ДКЗ). К.: ДКЗ, 2024. – С.3.

УДК 553.04:622.1(477)

СУЧАСНІ РЕФОРМИ У СФЕРІ НАДР: ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЗОРОСТІ Й ЕКОНОМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ

Кірін Р.С.*[1]*, *kirinrs62@gmail.com;*
Хоменко В.Л.*[2]*, *inteldriller@gmail.com;*
Пащенко О.А.*[2]*, *pashchenko.o.a@nmu.one;*
1 – ДУ «Інститут економіко-правових досліджень ім. В.К. Мамутова НАН України», Київ, Україна;
2 – НТУ «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Стаття присвячена аналізу інноваційних підходів до розвідки та видобутку стратегічних копалин в Україні, з акцентом на їхній вплив на конкурентоспроможність країни на глобальному ринку. Досліджено сучасні технології, такі як 3D-сейсміка, штучний інтелект, вилуговування in-situ та автоматизація, які підвищують ефективність і зменшують екологічний вплив. Проаналізовано геологічний потенціал України, зокрема родовища літію та рідкісноземельних елементів, а також виклики впровадження інновацій: застаріла інфраструктура, брак інвестицій і регуляторні бар'єри. На основі міжнародного досвіду (Австралія, Канада) запропоновано стратегії для адаптації технологій, включаючи створення цифрових платформ і залучення міжнародних партнерів. Оцінено економічні, екологічні та соціальні ефекти інновацій, підкреслено їх значення для сталого розвитку та інтеграції України у глобальні ланцюги постачання. Результати дослідження вказують на необхідність реформ для стимулювання інвестицій і підготовки кадрів, що дозволить Україні зайняти провідну позицію у видобутку стратегічних копалин. Стаття пропонує практичні рекомендації для підвищення конкурентоспроможності галузі та забезпечення її відповідності міжнародним стандартам.

MODERN SUBSOIL REFORMS: ENSURING TRANSPARENCY AND ECONOMIC SUSTAINABILITY

Kirin R.*[1]*, *kirinrs62@gmail.com;*
Khomenko V.*[2]*, *inteldriller@gmail.com;*
Pashchenko O.*[2]*, *pashchenko.o.a@nmu.one;*
1 – V.K. Mamutov Institute of Economic and Legal Research of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine;
2 – National Technical University "Dnipro Polytechnic", Dnipro, Ukraine

The article is devoted to the analysis of innovative approaches to the exploration and extraction of strategic minerals in Ukraine, focusing on their impact on the country's competitiveness in the global market. Modern technologies, such as 3D seismic, artificial intelligence, in-situ leaching, and automation, are examined for their ability to enhance efficiency and reduce environmental impact. The geological potential of Ukraine, particularly its lithium and rare earth element deposits, is analyzed alongside challenges to innovation implementation, including outdated infrastructure, lack of investment, and regulatory barriers. Drawing on international experience (Australia, Canada), strategies for technology adaptation are proposed, including the development of digital platforms and engagement of international partners. The economic, environmental, and social impacts of innovations are evaluated, emphasizing their importance for sustainable development and Ukraine's integration into global supply chains. The findings highlight the need for reforms to stimulate investment and workforce training, enabling Ukraine to secure a leading position in strategic mineral extraction. The article offers practical recommendations for enhancing the sector's competitiveness and aligning with international standards.

Вступ. У сучасному світі корисні копалини та компоненти стратегічного значення (ККСЗ), такі як літій, рідкісноземельні елементи (далі - РЗЕ), кобальт, графіт та інші, відіграють ключову роль у розвитку глобальної економіки, зокрема в контексті енергетичного переходу до відновлюваних джерел енергії та технологій четвертої промислової революції. Ці ресурси є основою для виробництва акумуляторів електромобілів, компонентів для відновлювальної енергетики (вітрові турбіни, сонячні панелі), а також високотехнологічного обладнання в електроніці та оборонній промисловості. Зростання попиту на ККСЗ, викликане глобальними трендами декарбонізації та цифровізації, робить їх видобуток і переробку стратегічно важливими для економік багатьох країн. Україна, завдяки своїм значним геологічним запасам [1, 2], має потенціал стати важливим гравцем на цьому ринку. Родовища літію (Шелехівське, Полохівське), РЗЕ (Новополтавське, Азовське) та інших ККСЗ створюють передумови для

розвитку вітчизняної видобувної галузі. Проте ефективне використання цього потенціалу ускладнене застарілими технологіями, обмеженою інфраструктурою та недостатньою інтеграцією інноваційних підходів у процеси розвідки та видобутку. Застосування сучасних технологій, таких як геофізичні методи, штучний інтелект (далі – ШІ), автоматизація та екологічно чисті методи видобутку, може значно підвищити конкурентоспроможність України на глобальному ринку [3, 4]. Водночас впровадження інновацій стикається з низкою викликів, включаючи регуляторні бар'єри, брак інвестицій і потребу в екологічно стійких рішеннях. Таким чином, актуальність теми зумовлена необхідністю розробки та впровадження інноваційних підходів до розвідки та видобутку ККСЗ в Україні, що дозволить не лише зміцнити економічний потенціал країни, а й сприяти сталому розвитку та інтеграції у глобальні ланцюги постачання.

Метою цього дослідження є оцінка інноваційних підходів до розвідки та видобутку ККСЗ в Україні з акцентом на їхню технологічну, економічну та екологічну доцільність. Для досягнення цієї мети поставлено такі завдання: по-перше, проаналізувати сучасні технології розвідки та видобутку, які використовуються у світі, та оцінити їхню ефективність у контексті ККСЗ; по-друге, визначити можливості та перешкоди для впровадження цих технологій в Україні з урахуванням її геологічних, економічних і регуляторних особливостей; по-третє, оцінити економічні вигоди, екологічні ризики та соціальні ефекти, пов'язані з інноваційними підходами, щоб запропонувати збалансовану стратегію розвитку галузі. Ці завдання спрямовані на створення цілісної картини потенціалу України у сфері видобутку ККСЗ та визначення шляхів для їх ефективного використання.

Огляд літератури [5, 6] демонструє, що світовий досвід застосування інноваційних технологій у видобувній галузі є багатим і різноманітним. У країнах із розвиненим видобутком, таких як Австралія, Канада та США, активно використовуються передові методи геологічної розвідки, зокрема 3D-сейсміка, магнітометрія, а також ШІ для обробки великих обсягів геологічних даних. Наприклад, у Австралії дрони та супутникові технології застосовуються для картографування родовищ, що значно скорочує час і витрати на розвідку [7, 8]. У сфері видобутку набирають популярності екологічно чисті технології, такі як вилуговування in-situ leaching (далі - ISL) для літію, яке зменшує вплив на довкілля порівняно з традиційними методами [9, 10].

Водночас в Україні дослідження геологічного потенціалу зосереджені переважно на оцінці запасів і традиційних методів їх розробки. Зокрема, праці вітчизняних геологів (звітів Державної служби геології та надр України (далі – Держгеонадра), наукових інститутів) [11-13] вказують на значний потенціал родовищ літію та РЗЕ, але бракує систематичних досліджень щодо впровадження інноваційних технологій. Міжнародні джерела, такі як звіти U.S. Geological Survey та International Energy Agency (далі – IEA) [14, 15], підкреслюють необхідність диверсифікації ланцюгів постачання ККСЗ, що відкриває можливості для України. Однак прогалини в літературі стосуються недостатнього аналізу технологічних, економічних і соціальних бар'єрів для впровадження інновацій в українському контексті, а також оцінки пливу на довкілля (далі – ОВД) та місцеві громади. Ця стаття має на меті заповнити ці прогалини, пропонуючи комплексний аналіз інноваційних підходів із урахуванням специфіки України.

Методологія дослідження. Для забезпечення об'єктивного та всебічного аналізу регуляторних реформ у сфері надрокористування в Україні, спрямованих на досягнення балансу між прозорістю та економічною ефективністю, дослідження базується на комбінації якісних і кількісних методів збору та аналізу даних. Такий підхід дозволяє не лише оцінити сучасний стан регуляторної системи, але й виявити її сильні та слабкі сторони, порівняти з міжнародним досвідом і запропонувати обґрунтовані рекомендації для вдосконалення.

Методи збору даних включають кілька ключових напрямів. По-перше, буде проведено детальний аналіз законодавчих актів України, що регулюють сферу

надрокористування. Основну увагу приділено Кодексу України про надра (далі – КпН) [16], який встановлює правові рамки для розвідки, видобутку та управління ресурсами надр, а також відповідним супроводжувальним законам України «Про дозвільну систему у сфері господарської діяльності», «Про забезпечення прозорості у видобувних галузях», «Про адміністративну процедуру» [17-19]. Аналіз спрямований на виявлення норм, що сприяють або перешкоджають прозорості та економічній ефективності, таких як процедури видачі дозволів, регулювання рентних платежів, доступ до геологічної інформації тощо. По-друге, будуть вивчені звіти міжнародних організацій, таких як Ініціатива прозорості видобувних галузей (Extractive Industries Transparency Initiative, далі - EITI) та Світовий банк (World Bank), які містять дані про найкращі практики регулювання надрокористування, стандарти прозорості та оцінку економічного впливу реформ у різних країнах. Зокрема, звіти EITI [20] надають інформацію про впровадження стандартів відкритості у видобувних секторах, тоді як звіти Світового банку містять економічні оцінки та рекомендації для країн із перехідною економікою, таких як Україна. По-третє, для отримання якісних даних буде проведений аналіз експертних позицій у сфері надрокористування, включаючи представників Держгеонадр, науковців, представників видобувних компаній та громадських організацій. Цей аналіз допоможе виявити практичні виклики та можливості для реформ, які не відображені в офіційних документах. Крім того, буде здійснено аналіз відкритих даних, доступних через державні портали (наприклад, Державний реєстр спеціальних дозволів на користування надрами (далі – спецдозвіл)) [21, 22] та міжнародні платформи (EITI, Extractive Industries Open Data) [20, 23], щоб оцінити рівень прозорості у сфері надрокористування та доступність інформації для громадськості.

Аналітичні методи дослідження спрямовані на систематизацію зібраних даних і оцінку їх у контексті поставлених завдань. По-перше, буде застосовано порівняльний аналіз регуляторних систем України та країн із розвиненим надрокористуванням, таких як Норвегія, Канада та Австралія. Цей аналіз охоплюватиме ключові аспекти, зокрема процедури ліцензування, оподаткування, доступ до геологічних даних і механізми залучення інвестицій. Порівняння дозволить визначити елементи, які можна адаптувати до українських реалій для підвищення прозорості та економічної ефективності. По-друге, буде проведено SWOT-аналіз сучасної системи надрокористування в Україні, який допоможе систематизувати сильні сторони (наприклад, наявність значних геологічних запасів), слабкі сторони (корупційні ризики, бюрократичні бар’єри), можливості (інтеграція в європейські ринки, залучення іноземних інвесторів) та загрози (екологічні ризики, політична нестабільність). Цей метод дозволить комплексно оцінити внутрішні та зовнішні фактори, що впливають на регуляторну систему. По-третє, для оцінки економічного ефекту регуляторних реформ будуть використані економетричні моделі, зокрема регресійний аналіз, який дозволить оцінити вплив змін у регуляторній політиці (наприклад, спрощення дозвільного механізму чи зміни в рентних платежах) на обсяги інвестицій, доходи до державного бюджету та економічну активність у видобувному секторі. Для цього будуть зібрані дані про інвестиційні потоки, обсяги видобутку та бюджетні надходження за останні роки, а також використані прогнозні сценарії для оцінки потенційного ефекту реформ. Такий комплексний підхід до збору та аналізу даних забезпечить надійну основу для формулювання висновків і рекомендацій щодо вдосконалення регуляторної системи надрокористування в Україні.

Сучасний стан регуляторної системи надрокористування в Україні. Сфера надрокористування в Україні регулюється низкою законодавчих актів, центральним з яких є КпН [16], прийнятий у 1994 р. та доповнений низкою змін у подальші роки. Кодекс встановлює правові основи для розвідки, видобутку, використання та охорони надр, визначаючи надра як об’єкт права власності Українського народу, а державні органи - як суб’єктів, що здійснюють управління та розпорядження цими ресурсами. Основні положення КпН включають регулювання видачі спецдозволів, визначення прав і обов’язків надрокористувачів, а також механізми контролю за їхньою діяльністю. Проте КпН має

низку обмежень, які ускладнюють сучасне управління ресурсами. Зокрема, документ не повною мірою відповідає вимогам цифрової економіки та міжнародним стандартам прозорості, таким як EITI. Наприклад, чинний КпН не містить чітких положень щодо відкритості геологічної інформації чи механізмів залучення громад до прийняття рішень, що створює бар'єри для прозорості. Процедура надання (відмова у наданні) спецдозволу здійснюється відповідно до законів України [17, 19] з урахуванням особливостей, визначених КпН, характеризуються складністю, бюрократичними затримками та недостатньою прозорістю. Видача спецдозволів часто відбувається через непрозорі аукціони або за рішеннями Держгеонадр, що викликає підозри у корупційних схемах. Крім того, відсутність чітко визначених критеріїв для оцінки заявок на спецдозволи та недостатня автоматизація процесу сприяють суб'єктивізму та знижують довіру інвесторів. Хоча Держгеонадра відіграє ключову роль у видачі спецдозволів, моніторингу діяльності надрокористувачів та управлінні геологічною інформацією, однак її діяльність часто критикується через недостатню прозорість і ефективність. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України (далі - Міндовкілля) відповідає за державний контроль за діяльністю у сфері надрокористування, але брак координації між цими органами та іншими державними структурами ускладнює ефективне управління. Наприклад, неузгодженість між екологічними вимогами та дозвільними процедурами може призводити до затримок у реалізації проєктів або порушення екологічних вимог.

Проблеми прозорості та відкритості є одними з ключових викликів для регуляторної системи надрокористування в Україні. Корупційні ризики у процесі видачі спецдозволів залишаються значною проблемою, оскільки непрозорі механізми дозволяють окремим учасникам отримувати доступ до ресурсів за заниженими цінами або без належної конкуренції. Зокрема, практика видачі спецдозволів за результатами аукціону (е-торгів) або без його проведення («вручну») іноді створює можливості для зловживань, що підтверджується звітами громадських організацій та міжнародних аудитів. Обмежений доступ до геологічної інформації є ще одним суттєвим недоліком. Хоча Держгеонадра веде облік геологічних даних, значна їх частина поки залишається закритою для громадськості та потенційних інвесторів, що ускладнює оцінку родовищ і залучення іноземного капіталу. Наприклад, інформація про запаси ККСЗ, таких як літій чи РЗЕ, часто є застарілою або доступною лише обмеженому колу осіб. Недостатня підзвітність видобувних компаній також послаблює довіру до системи. Відсутність обов'язкового регулярного звітування про обсяги видобутку, сплачені податки чи екологічний вплив діяльності компаній ускладнює контроль з боку держави та громадськості. Хоча Україна приєдналася до EITI у 2013 р., впровадження стандартів прозорості відбувається повільно, а звіти компаній часто не відповідають вимогам щодо повноти та доступності.

Економічна ефективність регуляторної системи надрокористування в Україні залишається низькою через регуляторні бар'єри, які стримують інвестиції у видобувну галузь. Складність дозвільних процедур, тривалі терміни розгляду заявок і непередбачуваність регуляторного середовища відлякують іноземних інвесторів, які могли б сприяти розвитку галузі. Наприклад, за даними Світового банку, Україна займає низькі позиції у рейтингах легкості ведення бізнесу через бюрократичні перешкоди, що особливо відчутно у видобувному секторі. Крім того, система рентних платежів, яка регулює сплату податків за користування надрами, викликає дискусії щодо її справедливості та ефективності. Високі ставки рентних платежів для деяких видів копалин, наприклад газу чи нафти, можуть знижувати рентабельність проєктів, тоді як для ККСЗ, таких як літій, система оподаткування залишається недостатньо адаптованою до сучасних ринкових умов. Це призводить до недоотримання доходів державним бюджетом і обмежує можливості для реінвестування у розвідку нових родовищ. Водночас низька прозорість розподілу рентних платежів між державним і місцевими бюджетами викликає невдоволення місцевих громад, які часто не отримують належної компенсації за видобуток на їхніх територіях. Таким чином, сучасна регуляторна система надрокористування в Україні потребує комплексних

реформ, які б усунули бар'єри для інвестицій, підвищили прозорість і забезпечили справедливий розподіл економічних вигод.

Міжнародний досвід регуляторних реформ. Міжнародний досвід регуляторних реформ у сфері надрокористування демонструє успішні приклади досягнення балансу між прозорістю, відкритістю та економічною ефективністю, які можуть бути корисними для України. Одним із ключових інструментів забезпечення прозорості є EITI, започаткована у 2003 р. для підвищення відкритості та підзвітності у видобувних секторах. EITI встановлює стандарти, які вимагають від країн-учасниць розкривати інформацію про ліцензії, контракти, обсяги видобутку, платежі компаній до бюджету та розподіл доходів. На сьогодні понад 50 країн впроваджують ці стандарти, що сприяє зниженню корупційних ризиків і підвищенню довіри інвесторів. Наприклад, Норвегія, яка є світовим лідером у прозорому управлінні ресурсами, використовує EITI для публікації детальних звітів про доходи від нафти й газу, включаючи дані про рентні платежі та їх розподіл на державні фонди, такі як Суверенний фонд Норвегії. У Норвегії створено відкриту цифрову платформу (Norwegian Petroleum Directorate) [24], яка забезпечує загальний доступ до геологічної інформації, даних про ліцензії та діяльності компаній. Це дозволяє не лише державним органам, а й громадськості та інвесторам моніторити видобувний сектор у реальному часі. Аналогічно, Австралія демонструє високий рівень відкритості через платформу GeoScience Australia [25], яка надає безкоштовний доступ до геологічних даних, карт родовищ і звітів про розвідку. Такий підхід сприяє залученню іноземних інвестицій і підвищенню конкурентоспроможності країни на глобальному ринку. Ці приклади показують, що прозорість і відкритість даних не лише знижують корупційні ризики, але й створюють сприятливе середовище для розвитку видобувної галузі.

Економічна ефективність регуляторних систем значною мірою залежить від моделей оподаткування та ліцензування, які стимулюють інвестиції без шкоди для державних інтересів. Канада, зокрема провінція Саскачеван, є прикладом успішної моделі ліцензування, яка поєднує прозорість із гнучкістю. У Канаді процес видачі ліцензій на надрокористування є конкурентним і прозорим, із чіткими критеріями для учасників аукціонів, що проводяться через онлайн-платформи. Система оподаткування в Канаді включає помірні рентні платежі, які варіюються залежно від типу копалин і ринкових умов, що дозволяє залучати інвестиції в розвідку та видобуток ККСЗ, таких як літій і РЗЕ. Крім того, Канада використовує податкові пільги для компаній, які інвестують у нові технології або екологічно чисті методи видобутку, що сприяє інноваціям у галузі [26].

Чилі, як провідний виробник міді та літію, також демонструє ефективну модель оподаткування, яка включає прогресивні рентні ставки, що зростають із підвищенням цін на копалини. Це дозволяє державі отримувати значні доходи в періоди високих ринкових цін, зберігаючи привабливість для інвесторів у періоди низьких цін. У Чилі створено спрощену систему ліцензування [27], яка мінімізує бюрократичні процедури, а також передбачає чіткі екологічні вимоги, що сприяють сталому видобутку. Стимулювання інвестицій у цих країнах досягається через регуляторні спрощення, такі як скорочення термінів розгляду заявок, прозорі аукціони та доступ до геологічної інформації, що знижує ризики для інвесторів і підвищує економічну ефективність галузі.

Для України міжнародний досвід пропонує низку уроків, які можуть бути адаптовані до місцевих реалій. По-перше, впровадження стандартів EITI є критично важливим для підвищення прозорості. Україна приєдналася до EITI, але повноцінне виконання стандартів, зокрема регулярне розкриття даних про спецдозволи, платежі та бенефіціарів компаній, залишається викликом. Адаптація норвезької чи австралійської моделі відкритості передбачає створення єдиної цифрової платформи, яка б об'єднувала геологічні дані, інформацію про ліцензії та звіти компаній, доступні для громадськості. Така платформа на базі Єдиної державної електронної геоінформаційної системи користування надрами могла б інтегрувати дані Держгеонадр, Міндовкілля та інших міністерств і відомств, установ, підприємств і організацій, забезпечуючи прозорий доступ

до інформації та знижуючи корупційні ризики [28]. По-друге, реформування дозвільної системи за прикладом Канади, Чилі та провідних європейських країн передбачає спрощення процедур, чітке визначення критеріїв для учасників аукціонів і впровадження гнучкої системи оподаткування, яка враховує ринкові умови. Це може включати прогресивні рентні ставки та податкові стимули для інноваційних проєктів. По-третє, цифрові платформи відіграють ключову роль у забезпеченні прозорості та ефективності. Створення відкритої платформи, подібної до тих, що діють у Норвегії та Австралії, дозволить Україні підвищити довіру інвесторів, полегшити доступ до геологічної інформації та сприяти залученню іноземного капіталу. Такі реформи сприятимуть не лише економічній ефективності, але й сталому розвитку видобувної галузі, враховуючи екологічні та соціальні аспекти [29].

Виклики регуляторних реформ в Україні. Реформування регуляторної системи надрокористування в Україні стикається з численними викликами, які охоплюють правові, інституційні, корупційні, економічні та соціальні аспекти. Ці перешкоди ускладнюють досягнення балансу між прозорістю, відкритістю та економічною ефективністю, а також гальмують інтеграцію України у глобальні ланцюги постачання ККСЗ.

Правові та інституційні бар'єри є одними з ключових перешкод на шляху реформ. Складність гармонізації українського законодавства з нормами ЄС залишається значним викликом, оскільки Україна прагне відповідати європейським стандартам у рамках Угоди про асоціацію з ЄС. КпН, який є основним законодавчим актом у сфері надрокористування, наразі не повною мірою відповідає сучасним вимогам, зокрема щодо прозорості, цифровізації та екологічної відповідальності, стандартам ЄС (Critical Raw Materials Act, Nature Restoration Regulation) тощо. Гармонізація вимагає комплексного перегляду законодавства, що включає не лише оновлення КпН, а й узгодження його з іншими нормативними актами. Йдеться про Європейський акт про збереження природи (Регламент про відновлення природи), прийнятий у 2024 р. як частина Європейського зеленого курсу та Стратегії біорізноманіття ЄС до 2030 р.

Крім того, недостатня координація між державними органами, зокрема між Держгеонадра, Міндовкілля, Міністерством економіки України, Державною службою України з питань праці, Державною екологічною інспекцію України, іншими державними органами та органами місцевого самоврядування, створює інституційні бар'єри. Наприклад, Держгеонадра відповідає за видачу спецдозволів і управління геологічними даними, тоді як Міндовкілля контролює дотримання екологічних стандартів, але відсутність єдиної стратегії та інформаційного обміну між цими органами призводить до затримок у реалізації проєктів, дублювання функцій і суперечностей у регулюванні. Це знижує ефективність управління ресурсами та відлякує потенційних інвесторів, які стикаються з бюрократичними перепонами.

Корупційні ризики залишаються однією з найгостріших проблем у сфері надрокористування. Непрозорі процедури видачі спецдозволів залишаються основним джерелом корупції, оскільки процеси аукціонів часто проводяться без належної відкритості чи чітких критеріїв оцінки учасників. Звіти громадських організацій та міжнародних аудитів, таких як EITI, вказують на випадки видачі спецдозволів за заниженими цінами або через непрозорі «договірні» процедури, що дозволяють окремим особам чи компаніям отримувати доступ до ресурсів без конкуренції. Наприклад, практика видачі спецдозволів без аукціонів або з обмеженою участю залишається поширеним явищем, що підриває довіру до системи. Вплив політичних факторів на регуляторну політику також посилює корупційні ризики. Політична нестабільність і залежність рішень від окремих груп впливу ускладнюють впровадження об'єктивних і прозорих механізмів. Наприклад, призначення керівництва Держгеонадр часто залежить від політичних домовленостей, що може впливати на об'єктивність рішень щодо спецдозволів чи розподілу ресурсів. Ці фактори не лише знижують довіру інвесторів, а й перешкоджають залученню іноземного капіталу, необхідного для розвитку видобувної галузі.

Економічні та соціальні аспекти також створюють значні виклики для реформ. Конфлікт інтересів між державою, бізнесом і місцевими громадами є серйозною проблемою, оскільки різні сторони мають різні пріоритети. Держава прагне максимізувати доходи до бюджету через рентні платежі та податки, бізнес зацікавлений у зниженні витрат і спрощенні регуляторних процедур, тоді як місцеві громади вимагають компенсацій за екологічний вплив і соціально-економічних вигод від видобутку на їхніх територіях. Наприклад, громади поблизу родовищ часто виступають проти видобувних проєктів через занепокоєння щодо забруднення довкілля, руйнування інфраструктури чи недостатньої економічної вигоди для регіону. Цей конфлікт ускладнює реалізацію проєктів і вимагає створення механізмів діалогу між усіма сторонами. Необхідність справедливого розподілу доходів від надрокористування є ще одним важливим аспектом. Наразі значна частина рентних платежів спрямовується до державного бюджету, тоді як місцеві бюджети отримують лише невелику частку, що викликає невдоволення громад. Наприклад, у регіонах, де ведеться видобуток газу чи інших копалин, місцеві громади часто не бачать прямих вигод у вигляді покращення інфраструктури чи соціальних програм. Це знижує соціальну підтримку реформ і посилює напруженість. Для вирішення цих проблем необхідно розробити механізми, які б забезпечували справедливий розподіл доходів, наприклад, через цільові фонди розвитку регіонів або прямі компенсації громадам, а також залучення місцевих жителів до прийняття рішень щодо видобувних проєктів. Таким чином, регуляторні реформи в Україні мають враховувати ці виклики, щоб забезпечити прозорість, економічну ефективність і соціальну справедливість у сфері надрокористування.

Пропозиції щодо регуляторних реформ. Для забезпечення балансу між прозорістю, економічною ефективністю та соціально-екологічною відповідальністю у сфері надрокористування в Україні необхідно впровадити комплексні регуляторні реформи, які враховують сучасні виклики та міжнародний досвід. Ці реформи мають бути спрямовані на підвищення відкритості, залучення інвестицій, гармонізацію інтересів усіх стейкхолдерів і забезпечення сталого розвитку галузі. Запропоновані заходи охоплюють чотири ключові напрями: забезпечення прозорості та відкритості, підвищення економічної ефективності, баланс інтересів стейкхолдерів і екологічну відповідальність.

Для забезпечення прозорості та відкритості необхідно впровадити відкриті реєстри спецдозволів і геологічних даних, які б надавали громадськості, інвесторам і дослідникам вільний доступ до інформації про видобувні проєкти. Наразі значна частина даних, якими володіє Держгеонадра, залишається обмеженою або застарілою, що знижує довіру до системи та ускладнює залучення іноземних інвесторів. Створення єдиного публічного реєстру, який міститиме детальну інформацію про видані дозволи, їхніх власників, обсяги видобутку та сплачені податки, сприятиме зниженню корупційних ризиків і підвищенню підзвітності. Другим важливим кроком є розробка цифрової платформи для моніторингу надрокористування, яка б інтегрувала дані від Держгеонадр, Міндовкілля та інших органів влади та профільних установ. Така платформа могла б використовувати сучасні технології, такі як блокчейн, для забезпечення незмінності даних і прозорості транзакцій, а також надавати інструменти для аналізу геологічної інформації в реальному часі. Прикладом може слугувати платформа Norwegian Petroleum Directorate у Норвегії, яка забезпечує відкритий доступ до даних про видобуток і ліцензії. Крім того, необхідно посилити впровадження стандартів EITI в Україні. Хоча Україна приєдналася до EITI, виконання стандартів залишається неповним, зокрема через нерегулярне звітування компаній і обмежений доступ до даних про бенефіціарів. Для цього потрібно законодавчо закріпити обов’язкове розкриття інформації про кінцевих власників компаній, а також забезпечити регулярну публікацію звітів про платежі та доходи, що відповідає міжнародним вимогам EITI.

Підвищення економічної ефективності регуляторної системи є критично важливим для залучення інвестицій і розвитку видобувної галузі. Спрощення дозвільних процедур та

зменшення бюрократичних бар'єрів може значно полегшити доступ інвесторів до ринку. Наразі процес отримання спецдозволів є тривалим і складним, що відлякує потенційних учасників. Необхідно запровадити прозорі конкурентні аукціони, які проводяться через онлайн-платформи, з чіткими критеріями оцінки заявок, подібно до практики в Канаді. Це дозволить усунути суб'єктивізм і підвищити довіру до процесу. Оптимізація системи рентних платежів є ще одним важливим кроком. Поточна система оподаткування, зокрема високі ставки рентних платежів для певних видів копалин, знижує рентабельність проєктів і зменшує інвестиційну привабливість. Пропонується впровадження гнучкої системи рентних ставок, яка враховує ринкові ціни на копалини, подібно до моделі Чилі, де прогресивні ставки дозволяють балансувати між державними доходами та інтересами інвесторів. Наприклад, для ККСЗ, таких як літій, можна передбачити тимчасові податкові пільги для нових проєктів, щоб стимулювати розвідку та видобуток. Крім того, стимулювання інноваційних технологій у видобутку є важливим для підвищення економічної ефективності. Держава може надавати гранти або субсидії для компаній, які впроваджують екологічно чисті методи, такі як вилуговування ISL, або використовують автоматизацію та ШІ для оптимізації процесів. Це не лише підвищить продуктивність, але й зменшить екологічний вплив, що є важливим для залучення іноземних інвесторів, які все частіше враховують ESG-критерії (екологічні, соціальні та управлінські).

Досягнення балансу між інтересами стейкхолдерів вимагає залучення місцевих громад до прийняття рішень щодо видобувних проєктів. Наразі громади часто виступають проти видобутку через занепокоєння щодо екологічних наслідків і відсутності прямих вигод. Для вирішення цього пропонується законодавчо закріпити механізми консультацій із громадами на етапі видачі дозволів, наприклад, через громадські (публічні) слухання або створення місцевих консультативних рад. Це дозволить враховувати інтереси громад і знижувати соціальну напруженість. Розробка механізмів справедливого розподілу доходів від надрокористування є ще одним ключовим аспектом. Поточна система, за якою більша частина рентних платежів спрямовується до державного бюджету, залишає місцеві громади без достатньої компенсації. Пропонується запровадити модель, за якою певний відсоток рентних платежів автоматично спрямовується до місцевих бюджетів або цільових фондів розвитку регіонів, як це реалізовано в Норвегії. Наприклад, створення регіональних фондів для фінансування інфраструктурних проєктів, освіти чи охорони здоров'я в громадах, де ведеться видобуток, може підвищити соціальну підтримку реформ.

Екологічна відповідальність має стати невід'ємною частиною регуляторної політики. Інтеграція екологічних стандартів у законодавство про надрокористування передбачає встановлення чітких вимог до компаній щодо мінімізації впливу на довкілля, наприклад, через обов'язкове проведення ОВД перед початком проєктів. Ці вимоги повинні відповідати стандартам ЄС, зокрема Директиві 2011/92 про ОВД (EU Environmental Impact Assessment, EIA). Крім того, необхідно розробити механізми моніторингу впливу видобутку на довкілля, які включають регулярні перевірки, використання сучасних технологій для відстеження забруднення та публікацію звітів про екологічний стан у районах видобутку. Наприклад, створення системи онлайн-моніторингу, яка б відображала дані про якість води, повітря та ґрунтів у реальному часі, могло б підвищити довіру громад і забезпечити дотримання екологічних стандартів. Такі заходи сприятимуть сталому розвитку галузі, зниженню екологічних ризиків і відповідності України міжнародним зобов'язанням.

Висновки. Дослідження інноваційних підходів до розвідки та видобутку ККСЗ в Україні дозволяє зробити висновок, що впровадження сучасних технологій є критично важливим для розвитку видобувної галузі та підвищення її конкурентоспроможності на глобальному ринку. Ключові інноваційні підходи включають використання передових методів геологічної розвідки, таких як 3D-сейсміка, магнітометрія, дрони та супутникові технології, які значно підвищують точність і ефективність виявлення родовищ. Застосування ШІ та машинного навчання для аналізу великих обсягів геологічних даних

дозволяє оптимізувати процеси розвідки, скорочуючи час і витрати. У сфері видобутку екологічно чисті технології, такі як вилуговування ISL для літію, а також автоматизація та робототехніка, забезпечують зниження впливу на довкілля та підвищення продуктивності. Крім того, інноваційні методи збагачення та переробки, включаючи біотехнології та рециклінг, сприяють створенню доданої вартості та зменшенню залежності від імпорту сировини. Ці технології, які успішно застосовуються в країнах із розвиненим видобувним сектором, таких як Австралія, Канада та США, демонструють потенціал для трансформації української галузі.

Оцінка потенціалу України у використанні нових технологій показує, що країна має значні геологічні ресурси, зокрема родовища літію, РЗЕ та інших ККСЗ, які можуть стати основою для розвитку економіки. Проте впровадження інновацій стримується низкою бар'єрів, включаючи застарілу інфраструктуру, обмежений доступ до сучасного обладнання, недостатнє фінансування та брак кваліфікованих кадрів. Для подолання цих перешкод необхідно залучати міжнародних партнерів, інвестувати в науково-дослідні центри та створювати сприятливі регуляторні умови. Україна має можливість адаптувати світовий досвід, зокрема через співпрацю з країнами, які вже успішно використовують інноваційні технології, та інтеграцію в глобальні ініціативи. Розвиток цифрових платформ для геологічних даних і автоматизованих систем управління видобутком може значно підвищити ефективність галузі та її привабливість для іноземних інвесторів.

Значення інновацій для конкурентоспроможності України на глобальному ринку важко переоцінити. У контексті зростаючого попиту на ККСЗ і РЗЕ, які є ключовими для зеленої енергетики та високотехнологічних галузей, Україна має унікальну можливість зайняти провідну позицію в глобальних ланцюгах постачання. Впровадження інноваційних технологій не лише підвищить економічну ефективність видобутку, але й сприятиме сталому розвитку шляхом зменшення екологічного впливу та залучення місцевих громад до економічних вигод. Реформи, спрямовані на спрощення доступу до технологій, створення сприятливого інвестиційного клімату та гармонізацію з міжнародними стандартами, дозволять Україні зміцнити свої позиції на світовому ринку та зробити внесок у глобальний енергетичний перехід. Таким чином, інноваційні підходи до розвідки та видобутку є стратегічним напрямом для розвитку економіки України, забезпечення її конкурентоспроможності та інтеграції у світову економічну систему.

Список використаних джерел:

1. Extractive Industries Transparency Initiative (2025). Ukraine 2023 EITI. *Report. Report on Ukraine's extractive sector. UAEITI*. January 2025. https://eiti.org/documents/ukraine-2023-eiti-report
2. International Energy Agency. (2023). *Critical minerals market review 2023*. https://www.iea.org/reports/critical-minerals-market-review-2023
3. United States Geological Survey. (2024). *Mineral commodity summaries 2024*. https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/mineral-commodity-summaries
4. World Bank. (2019). *The changing wealth of nations 2018: Building a sustainable future*. https://www.worldbank.org/en/publication/changing-wealth-of-nations
5. Kenzhaliyev B. K. (2019). Innovative technologies providing enhancement of non-ferrous, precious, rare and rare earth metals extraction. *Complex Use of Mineral Resources.* 3 (310). 64-75 https://doi.org/10.31643/2019/6445.3
6. Fernández, P., Sánchez, F., Mavroudi, M. et al. (2025). Research Projects towards an Innovative, Digitalised, and Responsible Extractive Industry: Examples from the Chair of Mining Engineering and Mineral Economics. *Berg Huettenmaenn Monatsh* 170, 81–87. https://doi.org/10.1007/s00501-025-01557-w
7. Guebsi, R., Mami, S., & Chokmani, K. (2024). Drones in Precision Agriculture: A Comprehensive Review of Applications, *Technologies, and Challenges. Drones,* 8(11), 686.

https://doi.org/10.3390/drones8110686

8. Global Geology Services - Mineral Resource Specialists. JORC & NI43-101 Reporting. *Geological data and resource exploration in Australia*. http://www.rscmme.com.resource.estimation

9. Guihe Li & Jia Yao (2024). A Review of In Situ Leaching (ISL) for Uranium Mining. *Mining* 4(1):120-148. https://doi.org/10.3390/mining4010009

10. Doaa Ashraf (2024). Revolutionizing The Mining Industry with ISL Technology. *Egypt Oil & Gas Group.* https://egyptoil-gas.com/features/revolutionizing-the-mining-industry-with-isl-technology/#:~:text

11. Державна служба геології та надр України. Плани роботи та звіти. https://www.geo.gov.ua/diyalnist/plany-roboty-ta-zvity/?doing_wp_cron=1753000999.8096230030059814453125

12. Мінерально-сировинні багатства України: шляхи оптимального використання: матер. VIII наук.-практ. конф. (4 жовтня 2019 р. смт. Хорошів). Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України. Київ, 2019. 256 с.

13. Кірін Р.С. Кодифікація законодавства про надра: досвід та проблеми: монографія. Дніпропетровськ: НГУ, 2015. 527 с.

14. U.S. Geological Survey. Reports. https://www.usgs.gov/products/publications/reports

15. International Energy Agency. Reports. https://www.iea.org/analysis?type=report

16. Кодекс України про надра від 27.07.1994 № 132/94-ВР. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-%D0%B2%D1%80#Text

17. Про дозвільну систему у сфері господарської діяльності: Закон України від 06.09.2005 № 2806-IV. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2806-15#Text

18. Про забезпечення прозорості у видобувних галузях: Закон України від 18.09.2018 № 2545-VIII. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2545-19#Text

19. Про адміністративну процедуру: Закон України від 17.02.2022 № 2073-IX. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2073-20#Text

20. EITI Progress Reports. https://eiti.org/eiti-progress-reports

21. Про затвердження Порядку ведення Державного реєстру спеціальних дозволів на користування надрами: постанова Кабінету Міністрів України від 30.06.2023 р. № 659. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/659-2023-%D0%BF#Text

22. Кірін Р. Правове забезпечення функціонування єдиної Державної електронної геоінформаційної системи користування надрами. *Інформація і право.* 2 (49). 118-127. https://doi.org/10.37750/2616-6798.2024.2(49)

23. Extractive Industries (EI) Open Data API. https://data.epa.ie.api-list

24. Norwegian Petroleum. *Transparency-EITI.* https://www.norskpetroleum.no/en/economy/transparency-eiti/

25. GeoScience Australia. *Delivering data of enduring value.* https://www.ga.gov.au/data-pubs

26. Mining Laws and Regulations. *Report 2025 Canada.* https://iclg.com/practice-areas/mining-laws-and-regulations/canada#:~:text

27. OECD Environmental Performance Reviews: Chile 2024. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2024/03/oecd-environmental-performance-reviews-chile-2024_ce98cfc1/5bc65d36-en.pdf

28. Про затвердження Порядку ведення, функціонування та доступу до інформації єдиної державної електронної геоінформаційної системи користування надрами: постанова Кабінету Міністрів України від 19 травня 2023 р. № 511. *Офіційний вісник України* від 07.06.2023 - 2023 р., № 53, стор. 18, стаття 2971, код акта 118511/2023

29. Кірін Р.С. Право геологічного вивчення надр: загальні положення: монографія. Дніпропетровськ : НГУ, 2011. 215 с.

УДК 351.82

ДІЯЛЬНІСТЬ ДЕРЖАВНОЇ СЛУЖБИ ГЕОЛОГІЇ ТА НАДР: ВИКЛИКИ ТА ШЛЯХИ РЕФОРМУВАННЯ

Середа Р.М., *аспірант, rseredarm@gmail.com,*
Науково-дослідний інститут публічного права, Київ, Україна

Анотація. У статті проаналізовано діяльність Державної служби геології та надр України та чинну нормативну базу, висвітлено ключові виклики, що постали перед відомством, особливо в умовах війни та післявоєнної відбудови, запропоновано стратегічні шляхи її реформування. Визначено, що ефективне управління мінерально-сировинною базою є критично важливим для економічної стійкості та національної безпеки.

Серед основних викликів виокремлено: низьку прозорість у надрокористуванні, значні втрати до державного бюджету від тіньового видобутку, застарілість геологорозвідувальних даних, необхідність інтеграції екологічної відповідальності та розвиток інституційної спроможності Держгеонадр.

Напрямки реформування зосереджені на: діджиталізації та прозорості ліцензійних процедур, вдосконаленні законодавства, підвищенні кадрового потенціалу, посиленні екологічного контролю та залученні інвестицій у геологічну розвідку згідно з міжнародними стандартами.

Ключові слова: Державна служба геології та надр України, надрокористування, реформи, державне управління, прозорість, відкритість, цифровізація, інтеграція.

THE ACTIVITY OF THE UKRAINIAN GEOLOGICAL SURVEY: CHALLENGES AND PATHWAYS TO REFORM

Sereda R., *postgraduate student, rseredarm@gmail.com,*
The Scientific Institute of Public Law, Kyiv, Ukraine

Annotation. The article analyzes the activities of the State Service of Geology and Subsoil of Ukraine and the current regulatory framework, highlighting key challenges faced by the agency, especially in the context of war and post-war reconstruction. Strategic pathways for its reform are proposed. It is determined that effective management of the mineral resource base is critically important for economic stability and national security.

Among the main challenges, the following are identified: low transparency in subsoil use, significant losses to the state budget from illegal mining, outdated geological exploration data, the need to integrate environmental responsibility, and the development of the institutional capacity of the State Geology and Subsoil Service.

The directions for reform focus on: digitalization and transparency of licensing procedures, improving legislation, enhancing human resources, strengthening environmental control, and attracting investments in geological exploration in line with international standards.

Keywords: Ukrainian Geological Survey, subsoil use, reforms, public administration, transparency, openness, digitalization, integration.

Вступ. Державна служба геології та надр України (далі – Держгеонадра) є центральним органом виконавчої влади, який уповноважений реалізовувати державну політику у сфері геологічного вивчення та раціонального використання надр в Україні та є уповноваженим органом з питань реалізації угод про розподіл продукції. Також, Держгеонадра є уповноваженим органом з питань ліцензування, проведення аукціонів та ведення державних реєстрів [1].

Сфера управління надрами має стратегічне значення для національної економіки, безпеки та енергетичної незалежності нашої держави. Саме надра стають одним з головних ресурсів для відбудови інфраструктури, залучення інвестицій та забезпечення енергетичної стійкості країни.

Тривалий час сфера надрокористування характеризувалася закритістю, обмеженим доступом до публічної інформації та корупційними ризиками. Така політика призвела до неефективного використання природних ресурсів, значних втрат для бюджету країни та гучних корупційних справ, що в свою чергу збільшило недовіру суспільства. Після обрання курсу України на Євроінтеграцію виникла потреба в реформуванні та трансформації системи управління надрами.

В останнє десятиліття в Україні відкритість галузі надрокористування є одним з пріоритетних напрямків реформування. Значним кроком є приєднання до міжнародних ініціатив прозорості, проведення аукціонів з продажу спецдозволів через електронну

систему «Прозорро.Продажі», цифровізація (в т.ч. оцифрування геологічних звітів) та надання адміністративних послуг онлайн, забезпечуючи вільний доступ до публічної інформації [2].

Виклад основного матеріалу. Попри значний прогрес, досягнутий у реформуванні галузі, перед Держгеонадрами стоїть низка викликів. Їхнє успішне вирішення визначатиме темпи економічного зростання та здатність України інтегруватися у світовий ринок видобутку.

До ключових викликів, що постали перед Держгеонадрами можна віднести:

1. закритість геологічної сфери та бюрократію – видача спецдозволів супроводжувалася непрозорими процедурами; отримання доступу да геологічної інформації ускладнювалося через бюрократичні процедури, що відлякувало потенційних інвесторів;
2. корупційні ризики – закрита процедура видачі ліцензій та недостатній контроль за виконанням умов користування надрами;
3. недостатню цифровізацію – обмежений доступ до геологічної інформації та застарілі методи управління нею, дані в паперовому вигляді, відсутність єдиної цифрової платформи, багато робочих процесів вимагають удосконалення для ефективного використання даних та зменшення людського фактора;
4. екологічні загрози – недотримання стандартів рекультивації та ризики від розробки критичних мінералів;
5. інституційні та нормативно-правові – відсутність чіткої та стабільної політики в галузі, необхідність вдосконалення законодавства у сфері надрокористування, гармонізація законодавства з міжнародними стандартами;
6. військові виклики – втрата контролю над частиною території України, що включає в себе не лише житлові та промислові зони, а й стратегічно важливі родовища корисних копалин; пошук та освоєння нових родовищ на підконтрольній території тощо.

В умовах війни та для забезпечення майбутнього відновлення України, Держгеонадра стикаються з низкою серйозних викликів. Саме тому ефективне управління надрами є критично важливим для економіки та національної безпеки.

Реформування геологічної галузі має на меті не лише підвищення ефективності, а й викорінення корупції, забезпечення прозорості та залучення інвестицій.

Напрямки реформування геологічної сфери в Україні, як правило, зосереджуються на таких ключових аспектах:

1. Ініціатива прозорості. Електронні аукціони продажу спецдозволів на користування надрами з публічним доступом до результатів. Відкритий доступ до інформації про учасників торгів, переможців, цінову політику тощо. Звітність надрокористувачів про обсяги видобутку, інвестиції та виконання зобов’язань.
2. Відкритість. В липні 2019 року Держгеонадра спільно з Міністерством екології та природних ресурсів України запустили пілотний варіант спеціалізованого інтернет-порталу для надрокористувачів і представників геологічної спільноти в рамках участі в Глобальній конференції по відкритості даних міжнародних видобувних компаній (EITI). За останні роки інтернет-портал модернізувався, наповнився інформацією. ГІС-портал, де представлена та автоматизовано оновлюється інформація про спецдозволи на користування надрами, кінцевих бенефіціарних власників і засновників компаній, які є тримачами спецдозволів, а також про умови надання й історію зміни статусів, територію, де розташовані надра, видобуток за останній рік і за весь час дії дозволу, родовища корисних копалин, свердловини нафти та газу, нараховану рентну плату і її сплату в контексті власників дозволів і громад тощо [3]. Зросла участь громад у контролі за діяльністю компаній з видобутку надр.
3. Доступність. Спрощення процедур отримання спецдозволів, зменшення бюрократії. Використання єдиного електронного порталу для подання заявок та отримання даних. Забезпечення рівних умов для національних та міжнародних інвесторів.

4. Діджиталізація (цифровізація). За останні п’ять років Україна здійснила значний прогрес у діджиталізації геологічної галузі та наданні адмініструванні послуг [4]. Сьогодні спільно з європейськими партнерами Держгеонадра працюють над продовженням проєктів із цифровізації геологічної інформації. Важливо й далі впроваджувати сучасні інформаційні системи, які дозволяють здійснювати моніторинг та управління природними ресурсами, а також вдосконалювати процеси отримання спецдозволу на видобуток корисних копалин. Впроваджується реформа надрокористування, зокрема і в межах Плану Ukraine Facility [5].

5. Гармонізація з європейськими стандартами. Україна послідовно рухається шляхом євроінтеграції, демонструючи політичну волю та спроможність виконувати зобов’язання навіть в умовах воєнного стану. Держгеонадра презентували Єврокомісії стан імплементації законодавства ЄС за розділами 20 «Підприємництво та промислова політика» та 27 «Довкілля та зміна клімату», також презентували напрацювання з адаптації національного законодавства до європейських норм щодо якості води. Завершено офіційний скринінг українського законодавства за кластером “Промислова політика”, включно з видобувною галуззю, і результати засвідчують високий рівень адаптації до Регламенту ЄС 2024/1252 та інших актів Євросоюзу [6].

6. Екологічна відповідальність. В Україні, зважаючи на повоєнне відновлення та євроінтеграційні процеси, екологічна відповідальність стає не лише вимогою законодавства, але й критерієм інвестиційної привабливості. Підприємства, які дотримуються високих екологічних стандартів (ESG-принципи), мають кращі шанси залучити фінансування та отримати підтримку місцевих громад. Таким чином, екологічна відповідальність перетворює геологічну діяльність із потенційного джерела екологічної небезпеки на каталізатор сталого розвитку.

7. Розвиток інституційної спроможності. Розвиток інституційної спроможності є одним з ключових елементів успішного реформування Держгеонадр. Лише сильна, незалежна та професійна установа спроможна ефективно реалізовувати свої функції, досягати стратегічних цілей, формувати політику та забезпечувати якісне управління в галузі використання й охорони надр.

8. Зменшення корупційних ризиків. Протягом останніх шести років Держгеонадра заклала основи для прозорого механізму надання спеціальних дозволів на користування надрами.

Всі ці реформи, включаючи діджиталізацію призвели до таких результатів: зростання інвестицій у геологічну розвідку та видобуток; справедливий розподіл ренти на користь держави та місцевих громад (децентралізація податків); зменшення корупції та зловживань; посилення довіри суспільства до державної політики у сфері природних ресурсів.

Висновки.

Можемо дійти до висновку, що реформування сфери надрокористування в Україні спрямоване на подолання історичної закритості галузі, зниження корупційних ризиків та створення прогнозованого інвестиційного середовища. Ключовими інструментами є перехід до електронних аукціонів, запровадження стандартів прозорості (EITI), відкриті реєстри спецдозволів та геологічних даних, а також гармонізація національного законодавства зі стандартами ЄС.

Список використаних джерел:

1. Про затвердження Положення про Державну службу геології та надр України: Постанова Кабінету Міністрів України від 30.12.2015 р. № 1174. Офіційний вісник України. 2016. № 3. С. 284.

2. Державна служба геології та надр України: веб-сайт. URL: https://www.geo.gov.ua

3. РНБО розгорнула ГІС-портал моніторингу користування надрами України. Державна служба геології та надр України: веб-сайт. URL: https://www.geo.gov.ua/rnbo-rozhornula-his-portal-monitorynhu-korystuvannia-nadramy-ukrayiny/

4. Цифровізація геологічної інформації – серед пріоритетів роботи Держгеонадр. Державна служба геології та надр України: веб-сайт. URL: https://www.geo.gov.ua/tsyfrovizatsiia-heolohichnoyi-informatsiyi-sered-priorytetiv-roboty-derzhheonadr/

5. Держгеонадра презентували Єврокомісії прогрес діджиталізації сервісів у галузі надрокористування. Державна служба геології та надр України: веб-сайт. URL: https://www.geo.gov.ua/uds-presented-euro-eommission-progress-of-digitalization/?doing_wp_cron=1759135633.7671959400177001953125

6. Держгеонадра презентували стан імплементації директив ЄС у сфері геологічного вивчення та раціонального використання надр. Державна служба геології та надр України: веб-сайт. URL: https://www.geo.gov.ua/ukrayina-demonstruie-prohres-u-vprovadzhenni-norm-yes-u-haluzeve-zakonodavstvo/

КРИТИЧНІ ТА СТРАТЕГІЧНІ КОРИСНІ КОПАЛИНИ: ГЛОБАЛЬНІ ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ



УДК 553.519.2

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ФРАКТАЛЬНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ ГЕРМАНІЙВМІСНИХ ЛІГНІТІВ НА ПРИКЛАДІ БІГАНСЬКОГО РОДОВИЩА

Бурлуцький М.С.*[1]*, *к. геол. н., Nikolay2205@i.ua,*
Білоус О.І.*[2]*, *к. геол.-мін.н., a.belous@ferrexpo.com,*
1 – Департамент державного геологічного контролю,
Державна служба геології та надр України, м. Київ, Україна,
2 – ТОВ «Феррекспо Сервіс», м. Київ, Україна

На прикладі Біганського родовища доведена універсальність застосування кількісно-розмірного фрактального методу для розпізнавання геостатистичних популяцій германію. Визначені порогові значення точно збігаються із здобутими іншими дослідниками при статистичній обробці даних по родовищах, що розробляються. Графічним методом доказана чітка ступенева залежність показника вилучення германію від його концентрації у вугіллі. Отримані результати добре узгоджуються з опублікованими в літературі даними і, тому, даний графік запропоновано для застосування при прогнозуванні кількості германію, що вилучається і підрозділяння ділянок родовища на різні металургійні домени на стадії детального геологічного вивчення.

Практика геолого-економічної оцінки родовищ германію в лігнітах може бути суттєво поліпшена за рахунок надійного прогнозування наскрізного вилучення германію відповідно до запропонованих розрахункового і графічного методів. Крім того, комплексне поєднання просторового, геостатистичного та фрактального аналізів може бути основою для створення прогнозних моделей і застосування їх в інших буровугільних басейнах України.

FRACTAL APPROACH TO THE GEOLOGICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF GERMANIUM-BEARING LIGNITES: THE BIHAN DEPOSIT CASE

Burlutskyy M.*[1]*, *Cand. Sc. (Geol.), Nikolay2205@i.ua,*
Bilous O.*[2]*, *Cand. Sci. (Geol.-Mineral.), a.belous@ferrexpo.com,*
1– Department of State Geological Control,
State Geology and Subsoil Service of Ukraine, Kyiv, Ukraine,
2 – Ferrexpo Services Ltd., Kyiv, Ukraine

The example of the Bigan deposit proves the universality of using the quantitative fractal method for recognizing geostatistical populations of germanium. A clear stepwise dependence of the germanium extraction rate on its concentration in coal was proven by the graphical method.

The results obtained are in good agreement with the data published in the literature and, therefore, this graph is proposed for use in predicting the amount of germanium to be extracted and dividing the deposit areas into different metallurgical domains at the stage of detailed geological study.

The practice of geological and economic evaluation of germanium deposits in lignite can be significantly improved by reliable prediction of end-to-end germanium extraction according to the proposed calculation and graphical methods. In addition, a complex combination of spatial, geostatistical, and fractal analyses can be the basis for creating predictive models and applying them to other lignite basins in Ukraine.

Вступ. Останнім часом, у зв’язку зі зростаючим попитом на стратегічно важливі мінеральні ресурси, особливої уваги набувають нетрадиційні джерела корисних копалин, зокрема і германійвмісні лігніти. З огляду на обмеженість традиційних джерел германію, зростає інтерес до бурого вугілля лігнітового типу як альтернативного джерела цього рідкісного металу.

У зв’язку з цим виникає потреба у створенні науково обґрунтованих підходів до геолого-економічної оцінки германійвмісних лігнітів, що поєднують геохімічні, петрофізичні та економічні аспекти.

Традиційні методи оцінки запасів та прогнозування вмісту германію часто не враховують складної структурно-генетичної неоднорідності вугільних родовищ. У таких умовах фрактальний аналіз виступає інноваційним інструментом, здатним адекватно описати самоорганізовані структури природних об’єктів та виявити закономірності просторового розподілу вмісту германію у вугленосній товщі.

Саме фрактальний підхід дозволяє перейти від суто статистичного аналізу до якісно нового рівня просторового моделювання, з урахуванням геолого-структурних та геохімічних особливостей, зокрема буровугільних басейнів.

Актуальність фрактального підходу у вивченні германійвмісних лігнітів. На сьогодні германій здебільшого добувається як побічний продукт при переробці сульфідних поліметалічних руд та зольних залишків вугільної генерації. Водночас лігнітове вугілля певних геологічних формацій (наприклад, родовища Китаю, Німеччини, Росії) характеризується підвищеним вмістом германію, що дає підстави розглядати його як перспективні об'єкти для комплексного використання. Однак неоднорідність літологічного складу, зміна фацій, складна морфологія вугільних пластів, варіабельність геохімічних аномалій ускладнюють процес оцінки економічної доцільності видобутку германію. У зв'язку з цим, фрактальний аналіз — метод, що описує складні, самоподібні структури, — набуває все ширшого застосування у геології, особливо в контексті моделювання розподілу корисних копалин у просторово неоднорідному середовищі.

Саме цей метод дозволяє кількісно оцінити складність та масштабну інваріантність геологічних структур, пропонує перспективний підхід до моделювання розподілу германію в лігнітах. Використання фрактальної геометрії дозволяє урахувати нелінійні закономірності концентрації корисних компонентів, що є суттєвим кроком удосконалення традиційних методів оцінки запасів. Сучасні дослідження свідчать, що фрактальні параметри можуть виступати надійними індикаторами якості мінеральної сировини та слугувати базою для економічного моделювання.

Обґрунтування методу. Родовища германійвмісних лігнітів мають свої особливості тому, що вони містять як мінімум дві економічно привабливі корисні копалини: саме лігніт і германій. Історично склалося так, що лігніт розглядався основною корисною копалиною, по якому проводилась геолого-економічна оцінка, тоді як германій визнавався побічним продуктом.

З усіх германійвмісних буровугільних родовищ, що в даний час розробляються з метою вилучення германію, – Лінчан, Вулантуга (Китай) та Спецуглі (Росія), германієві сполуки та металевий германій отримуються із продуктів золи-винесення за різних умов згоряння вугілля [10]. Тобто, головним металургійним показником, що визначає економіку германієвого проекту, є відсоток вилучення германію, всупереч простому підрахунку його загального вмісту в лігніті.

Германій у вугіллі має вторинне походження, можливо поглинається з розчинів і тому у всіх без виключення родовищах германієм збагачені, як правило, верхні і нижні частини пластів. При цьому малопотужні пласти помітно більше збагачені германієм. Очевидно, що селективний видобуток з таких зон призвів би до підвищення вмісту германію в золі. Але для більшості вугільних родовищ гірниче планування селективного видобутку виявилося непрактичною з причини так званого зольного парадоксу: із збільшенням вмісту золи у вугіллі концентрація германію падає, але збільшується в самій золі після випалу в порівнянні з корінним вугіллям. Іншими словами, не існує кореляції між кількістю золи (концентрату германію), що утворюється після згоряння вугілля, і вмістом германію у вугіллі в корінному заляганні лігніту [13]. Тим не менше, враховуючи те, що сучасний загальний попит на германій становить лише близько 220 тон на рік і, за прогнозами, досягне 280 тон до 2030 року, а ціна на GeO_2 вже досягла 3000 дол. США за кг, тому навіть відносно невеликі запаси (декілька сотень тон) з високим відсотком германію, що вилучається, є цінними. Тобто, при геолого-економічній оцінці треба вирішити дві задачі: перша – визначити бортові вмісти германію у вугіллі і оцінити відсоток германію, що прогнозовано буде вилучений з руди в межах оконтурених зон.

Принципова сучасна схема вилучення германію з лігніту (бурого вугілля) на родовищах, що розробляються, включає декілька стадій: спалювання вугілля при 1200°C, фільтрацію золи, її пірометалургійну обробку, вилуговування германію сірчаною або соляною кислотами та виділення германію за допомогою іонної флотації [8, 9]. Також

було запропоноване пряме вилуговування германію з вугілля сумішшю концентрованих соляною та плавиковою кислотами і декілька інших методів.

Вказані технології мають свої переваги та недоліки, але довели свою економічність при вмісті германію в лігніті 100 г/т і вище [8]. Тому даний поріг зазвичай приймається в якості обґрунтування бортового вмісту для оконтурення рудних тіл [5, 8, 12].

Статистично проаналізувавши значний обсяг інформації за останні 40 років по вилученню германію на вугільних родовищах, що розробляються, М. Френзель і М. Кетріс [6] прийшли до висновку, що з причини високих варіативностей показників зольності у вугіллі і вмісту германію в золі (зольний парадокс) пряма лінійна математична конвертація величини вмісту германію в золі у величину вмісту цього елементу у вугіллі в корінному заляганні неможлива. Підсумувавши доступні оцінки по вилученню германію відносно його вмісту у вугіллі в корінному заляганні ці дослідники підрозділили всі германійвмісні вугільні родовища на три класи: бідні руди (вміст германію у вугіллі 8-32 г/т, вилучення 8-13%), рядові (32-200 г/т, 13-33%) і багаті (більше 200 г/т, 33-86% і вище). При цьому зроблено висновок, що 100% вилучення германію цілком можливо якщо його концентрація у вугіллі значно перевищує 200 г/т, але таких родовищ на даний час не відомо. Якщо доповнити цитовану закономірність опублікованими даними робіт по убогим рудам [9] (вміст германію 2-8 г/т, вилучення 7%), то вона прийме вигляд експоненційної залежності, яка показана на графіку рис. 1.

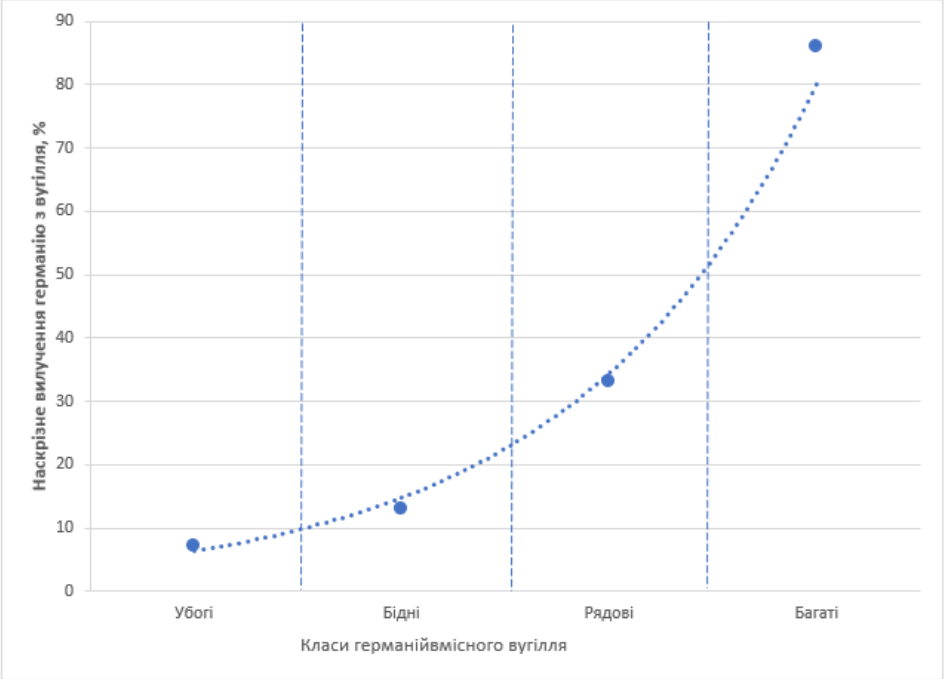


Рис. 1. Експоненційна залежність наскрізного вилучення германію і класи германійвмісного вугілля

Плавна крива графіку з незначним відхиленням точок дозволяє припустити, що прогнозування вилучення германію по його вмісту у вугіллі в корінному заляганні цілком можливе, а ступеневий закон обґрунтовує застосування фрактального аналізу з причини статистичної асиметрії вихідних даних (логнормального розподілу).

Зроблений висновок підтверджується тим, що залежність вилучення-вміст трансформується в майже пряму лінію, якщо ось вилучення германію представити у логарифмічному масштабі.

При геолого-економічній оцінці родовищ з логнормальним розподілом величини концентрацій фрактальні моделі успішно використовуються для характеристики геохімічних аномалій та відокремленню потенційно-економічних мінералізованих зон від

природного геохімічного фону, тобто для обґрунтування бортового вмісту для оконтурення рудних тіл [4, 11].

Розглянемо особливості застосування фрактального аналізу при геолого-економічній оцінці родовищ германію в лігнітах на прикладі Біганського родовища, що розташоване у Берегівському районі Закарпатської області України. Важливо відмітити, що загалом для германію на даний час не встановлено загальноприйнятих показників бортового вмісту, які би було можливо використовувати в якості реперних показників для віднесення того чи іншого родовища до суттєво германієвого проєкту.

Методика і результати оцінки. Висока германійносність лігнітів Біганського родовища була встановлена ще у 1958 році. Попередня розвідка проведена у 1965-1968 роках; підрахунок запасів затверджений станом на 01.05.1969 за тимчасовими кондиціями при бортовому вмісту германію в корінному заляганні 100 г/т [2]. Після цього геологорозвідувальні роботи на родовищі не проводились з декількох причин:

1) висока на той час собівартість видобутку лігнітів шахтним способом (глибина залягання перспективних пластів 100-210 м);

2) складні гідрогеологічні умови відпрацювання (водоприплив в шахтні виробки оцінювався на рівні 1400 $м^3$/добу);

3) порівняно низька на той час кон'юнктура германію;

4) наявність на території колишнього СРСР інших родовищ германійвмісного вугілля, що знаходились у більш сприятливих гірничо-геологічних умовах [10].

Геологія Біганського родовища складна [3]. З 15 пластів і лінз германійвмісного вугілля для цілей даного дослідження вибрані три найбільш витримані, що були прийняті в підрахунок запасів 1969 році: нижній (№ 1), середньої потужності 1,2 м; середній (№ 2) потужністю близько 1 м, і верхній (№ 3) потужністю 0,3-3,5 м.

Їх основні статистичні параметри наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Статистичні показники германійвмісного вугілля Біганського родовища

Показник	Пласт №1 (нижній)	Пласт №2 (середній)	Пласт №3 (верхній)
Середній вміст Ge, г/т	98	475	115
Стандартне відхилення	134,8	809,7	218,3
Стандартна похибка	10,4	51,8	16,6
Коефіцієнт варіації	137,0	170,5	190,3
Геометричне середнє Ge, г/т	43,0	104,5	29,9
Середній вміст золи, %	63	54	54

Як для зазначених пластів, так і для родовища в цілому, типовою ознакою є тяжіння високих концентрацій германію до найбільш чистих різновидів лігнітів, але варіативність концентрацій германію і виходу золи значна, що яскраво ілюструється графіком рис. 2 і низьким коефіцієнтом кореляції (-0,391). Також, не встановлено чіткої залежності вмісту германію від хімічного складу лігніту.

Відповідно до вмісту вітриніту (6,4%) лігніти Біганського родовища відповідають бурому вугіллю марки $Б_2$.

Загалом, пласти вугілля мінливі по потужності вздовж падіння і простяганню з тенденцією накопичення германію на флангах родовища та до верхньої і нижньої частин пластів. Така латеральна і вертикальна зональність обумовлює застосування композитування інтервалів проб для регулярізації вихідних даних, що насправді не є вимогою фрактального аналізу на противагу геостатистичним методам. Але, в даному випадку, композитування необхідне не скільки з метою приведення різних за довжиною інтервалів проб до оптимального розміру, скільки для врахування можливого селективного видобутку, приймаючи до уваги малу потужність пластів. При такому підході частково долається проблема локальності високих значень германію і вдається уникнути проб занадто малої довжини.

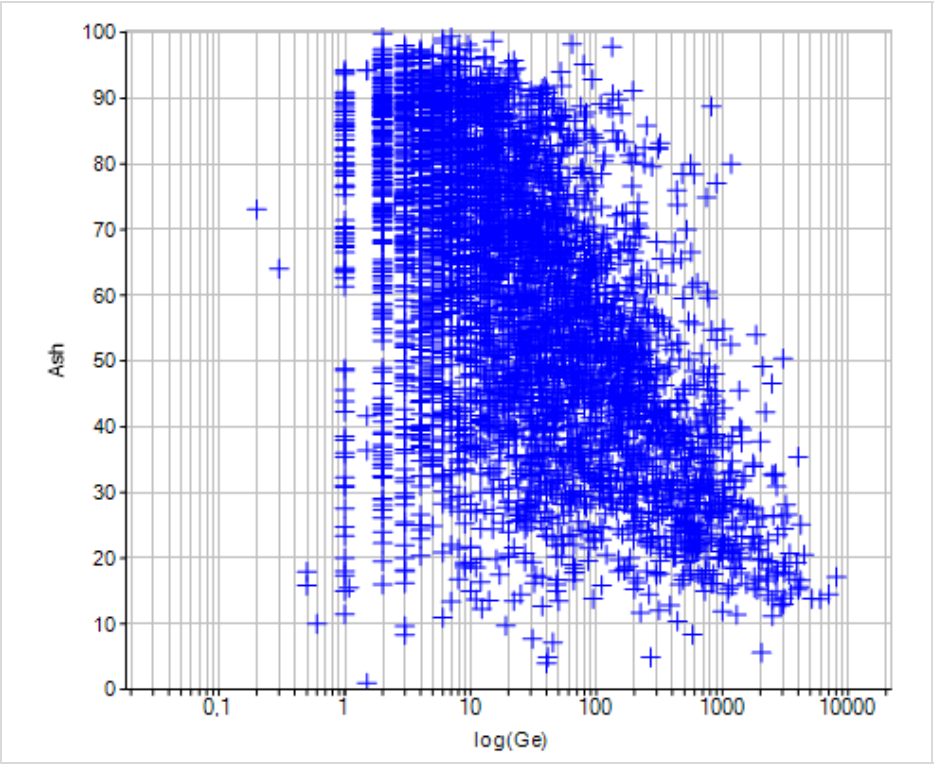


Рис. 2. Залежність вмісту германію від зольності вугілля Біганського родовища

На рис. 3 показана гістограма довжини рядових проб, з якої композитний інтервал 0,75 м передбачається статистично обґрунтованим.

Відповідно до сучасних вимог, що існують в Україні, мінімальна потужність вугільних пластів, що приймається в підрахунок запасів встановлюється індивідуально для окремих родовищ, зокрема і бурого вугілля [4].

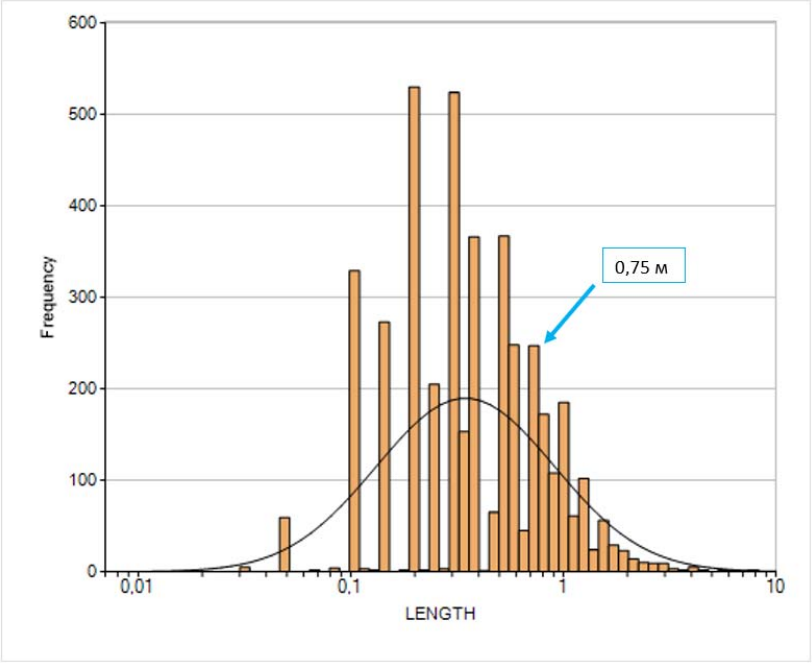


Рис. 3. Логнормальна гістограма довжини інтервалу опробування

В даному випадку використовувася кількісно-розмірний метод фрактального аналізу, запропонований Мандельбротом [7], для виокремлення і опису розподілу різних геостатистичних популяцій германію.

Ціль даного методу знайти лінійний зв'язок між концентраціями, в даному випадку германію, та їхньою кумулятивною сукупною кількістю зразків у логнормальному вимірі. Крок запиту масиву даних було визначено за допомогою логнормальної гістограми концентрацій германію. Як виявилось, середні значення кожного прямокутника гістограми пов'язані між собою простим рівнянням – зведенням попереднього значення у ступінь 1,0356. Коефіцієнт кореляції між даними гістограми і результатами розрахунків складає 0,99992. Такий розподіл концентрацій германію відповідно до ступеневого закону у логнормальному вимірі є ще одним підтвердженням правомірності застосування вибраного фрактального методу.

Побудований таким чином графік представлений на рис. 4.

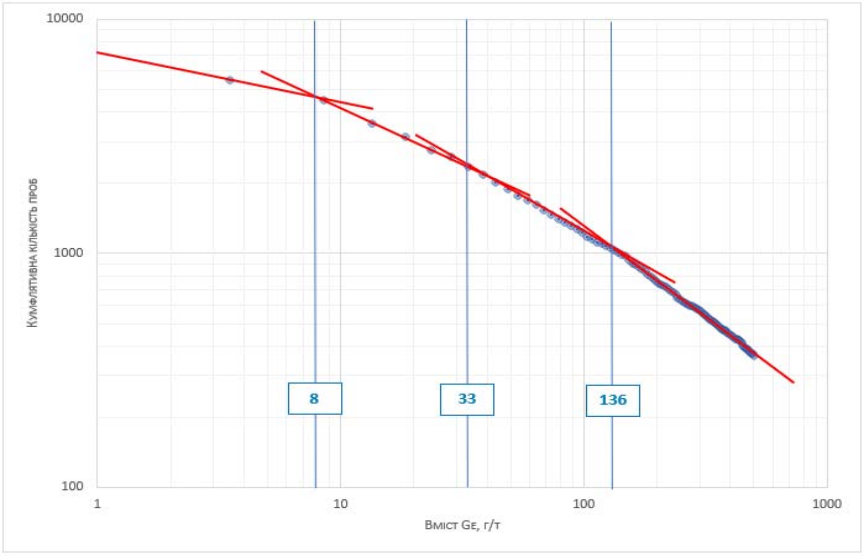


Рис. 4. Графік кількісно-розмірної логарифмічної залежності для концентрацій германію Біганського родовища

З графіку чітко визначаються три порогові значення, що відповідають вмісту германію в 8 г/т, 33 г/т та 136 г/т. Показово, що два значення, а саме 8 та 33 г/т, майже точно співпадають з пороговими значеннями, що були здобуті в результаті узагальнення статистичних даних по інших родовищах, що розробляються [13]. Тобто, маємо перший позитивний висновок, що вказана фрактальна залежність концентрацій германію від кумулятивної кількості проб є універсальною.

З графіка видно, що в області концентрацій вище порогового значення 136 г/т германію, ніяких інших порогових значень не існує, але графік в цій області проявляється у вигляді хвильових відхилень, тому зроблений висновок потребує додаткового обґрунтування.

Для фрактальних систем є звичайним, коли визначені порогові значення концентрацій знаходяться в неперервному ряду простої математичної залежності.

В нашому випадку кожне наступне значення починаючи з 8 г/т отримується шляхом множення його на 4,1. Продовживши цей ряд в сторони зменшення і збільшення значень, ми отримуємо ту ж саму експоненційну послідовність класів якості, що була наведена раніше на рисунку 2: 1,95 (≈ 2) * 4,1 = 8 * 4,1 = 33 * 4,1 = 136 * 4,1 ≈ 558 і т. д. Як видно, нижній і верхній вичислені пороги (2 г/т і 558 г/т) знаходяться поза межами досліджуваного нами масиву даних. Тому, в даному випадку використовувати поріг концентрацій германію в якості бортового вмісту більший ніж 136 г/т і менший ніж 8 г/т є статистично необґрунтованим і економічно недоцільним.

Емпірично отримана константа 4,1 інтерпретується в даному дослідженні як така, що вказує на належність як мінімум чотирьох лінз германію вище порогу 136 г/т в кожному пласті вугілля, що досліджується. Такий великий фрактальний розмір знаходить своє безпосереднє підтвердження в геологічній будові пластів лігніту. Як вже відмічалося,

германієм збагачені верхня і нижня частина пластів, а також західна і східна частини родовища, в той час, як центральна частина є збідненою.

Такий тип зональності відрізняє Біганське від інших родовищ германійвмісних лігнітів і, відповідно до сучасних концепцій, можливо є відображенням геотектонічної позиції родовища в зоні переходу від рухливої крайової частини платформи до передгір'я орогенного поясу [13].

Таким чином, техніко-економічними умовами проведення геолого-економічної оцінки германійвмісного вугілля вибрані такі: бортовий вміст для оконтурення економічно-значимих (багатих) германійвмісних зон дорівнює 136 г/т; мінімальна потужність вугільного пласту, що включається в контур, приймається 0,75 м; допускаються прошарки слабо германійвмісних лігнітів (нижче 136 г/т) за умов, якщо середньозважений вміст германію по рудному пересіченню перевищує 200 г/т; в інтерпретований контур включаються крайові проби вміщуючих порід, якщо вміст германію в них перевищує порогове значення 136 г/т; ділянки м'якого лігніту (відповідно до історичної геологічної документації) в роботу не залучаються.

Результат проведеної таким чином геологічної інтерпретації представлений на рис. 5 у вигляді каркасів високосортних мінералізованих зон германію, побудованих у програмі Datamine.

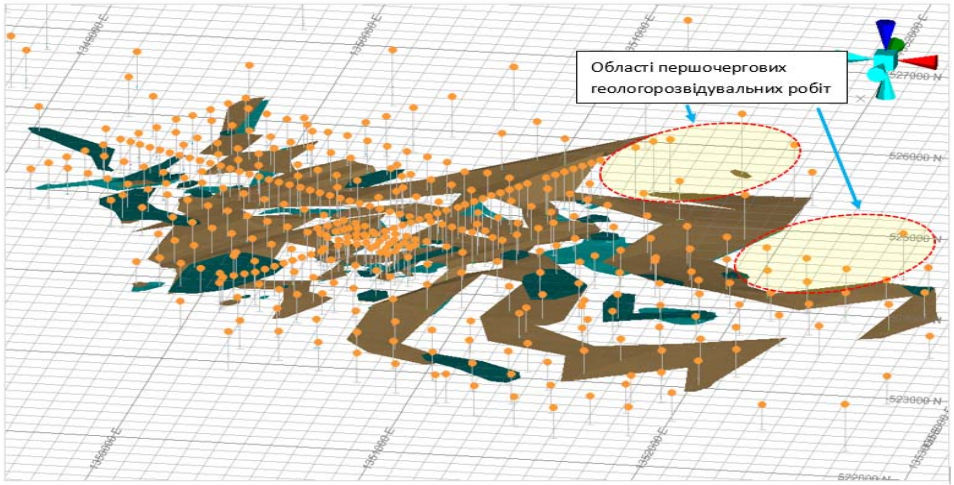


Рис. 5. Тривимірна каркасна модель Біганського родовища.
Кольори: блакитний – пласт №1 (нижній), коричневий – пласт №2 (середній), темно-синій – пласт №3 (верхній)

З рис. 5 візуально встановлюється, що найбільша просторова суцільність германієвої мінералізації належить середньому пласту в той час як нижній і верхній пласти розщепилися на окремі лінзи різного розміру. Крім того, чітко видно, що обсяг германійвмісної зони середнього пласту може бути ще суттєво збільшений за рахунок проведення геологорозвідувальних робіт у східній та південно-східній частинах родовища. Нижня границя мінералізованих зон вздовж їхнього падіння у східному напрямку не встановлена. Відповідно до наведених фактів перспективи Біганського родовища значно розширюються.

Основні статистичні параметри проінтерпретованих мінералізованих зон узагальнені в табл. 2.

Для оцінки відсотка германію, що може бути вилучений, треба провести незначне вдосконалення графіка рис. 2.

Як видно з табл. 1 і 2, величина геометрично середнього вмісту германію, яке по суті є реферативним критерієм логарифмічного нормального розподілу, виявляється значно меншим його середньо арифметичного значення. Відповідно до методу аналізу, застосованого в даному випадку, здавалося б, що геометричне середнє більш близьке до істинного середнього значення вмісту германію, що може бути вилучений. Але середнє

значення компоненту в руді не залежить від закону його математичного розподілу і просте середнє арифметичне значення завжди є найбільш близьким до справжнього, якщо аналіз якості геологорозвідувальних робіт проведений правильно. Тому, просте усереднення інтервалів класів якості за вмістом германію в руді цілком виправдано. Більш точний результат можна отримати шляхом зважування конкретних концентрацій на кількість проб.

Таблиця 2. Статистичні показники германійвмісного вугілля в межах інтерпретованих полігонів Біганського родовища при бортовому вмісту 136 г/т германію

Показник	Пласт №1 (нижній)	Пласт №2 (середній)	Пласт №3 (верхній)
Середній вміст Ge, г/т	414	579	415
Стандартне відхилення	526,1	669,5	357,6
Стандартна похибка	47,6	37,6	40,7
Коефіцієнт варіації	127,1	115,7	86,1
Геометричне середнє Ge, г/т	257,9	358	325
Середній вміст золи, %	50	47	49

Таким чином, кількість германію, що вилучається можливо розрахувати відповідно до встановленого закону експоненційного росту величини вилучення із збільшенням вмісту германію у вугіллі в корінному заляганні. Для цього використані середні якісні показники класів германійвмісного вугілля, що відмічалися раніше.

Результуючий графік рисунку 6 показує чітку ступеневу залежність показника вилучення германію від величини його концентрації у вугіллі в корінному заляганні.

Враховуючи, що експоненційна залежність класів вугілля (рис. 1) доволі чітка з незначними відхиленнями точок, можна вважати, що отримана ступенева залежність теж визначається незначною похибкою.

Тобто, для досягнення показника наскрізного вилучення германію 85,5%, його середній вміст германію у вугіллі в корінному заляганні має становити 835 г/т. Аналогічно для стовідсоткового вилучення отримуємо вміст германію на рівні 1133 г/т.

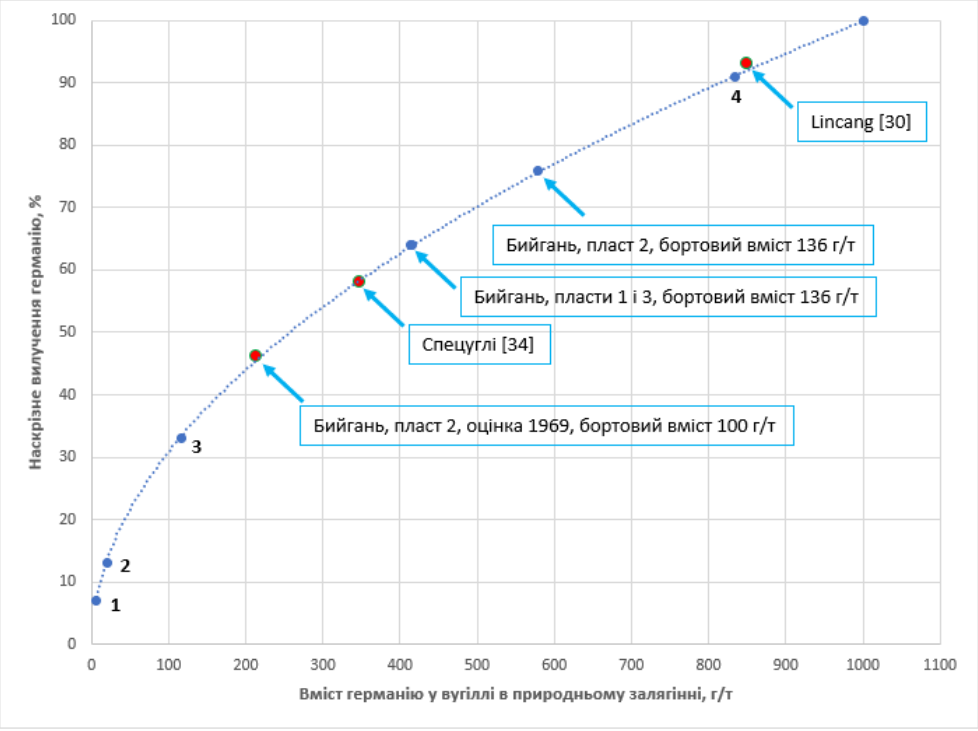


Рис. 6. Крива залежності наскрізного вилучення германію від його вмісту у вугіллі в природньому заляганні (цифрами показані середні вмісти германію по класам германійвмісного вугілля: 1 – убогі руди; 2 – бідні руди; 3 – рядові руди; 4 – багаті руди)

Отримані розрахункові результати добре узгоджуються з опублікованими в літературі даними. Так для родовища Lincang (Китай) середній вміст германію у вугіллі складає приблизно 850 г/т, вилучення 93 %, для родовища Спецуглі (Росія) – 348 г/т і 56%, відповідно. Тому можна зробити висновок, що в такому вигляді даний графік може бути застосований для прогнозування кількості германію, що вилучається і підрозділяння пластів, частин пластів або ділянок родовища на різні металургійні домени (класи якості) на стадії детального геологічного вивчення. При такому підході згущення розвідувальної сітки та відбір технологічних проб стають осмисленими та економічно виправданими.

Висновки

В даному дослідженні обсяг мінералізованих зон Біганського родовища оцінювався по побудованим каркасам. Для розрахунків кількості руди були прийняті такі самі значення об'ємної ваги (1,36 т/м^3) та понижувального коефіцієнту за вологість лігніту (0,65), що і в Протоколі НТС тресту «Київгеологія» за 1969 рік [2].

Втрати руди та розубожування не враховувалися, категоризація ресурсів/запасів відповідно до Інструкції ДКЗ [1] не проводилась, мінімальна гірнича потужність була прийнята відповідно до величини композитного інтервалу 0,75 м.

Результати проведеної оцінки зведені в табл. 3 і показані у порівнянні з підрахунком запасів 1969 року відповідно до вказаного протоколу.

Таблиця 3. Результати геолого-економічної оцінки Біганського родовища

Показник	Пласт №1 (нижній)	Пласт №2 (середній)	Пласт №3 (верхній)	Всього
Результати оцінки даного дослідження				
Середня потужність пласту, м	0,75	0,75	0,75	0,75
Бортовий вміст Ge, г/т	136	136	136	136
Об'єм, тис. м^3	709	3 889	383	4 981
Рудна маса лігніту, тис. т	626	3 438	339	4 403
Середній вміст Ge в лігніті, г/т	414	579	415	543
Беззбитковий вміст Ge, г/т	Не оцінювався			
Кількість Ge in-situ, т	259	1 989	141	2 389
Наскрізне вилучення, %	64	76	64	70
Кількість Ge що вилучається, т	165	1 512	90	1 767
Результати оцінки 1969 року відповідно до Протоколу [2]				
Середня потужність пласту, м		1,09		1,09
Бортовий вміст Ge, г/т	-	100	-	100
Середній вміст Ge в лігніті, г/т	-	215	-	164
Беззбитковий вміст Ge, г/т	-	164	-	164
Загалом балансові, забалансові запаси і прогнозні ресурси Ge in-situ, т	-	1 142	-	1 142
Наскрізне вилучення*, %	-	46	-	46
Кількість Ge що вилучається*, т		521		521

* Додатково розраховані показники в даному дослідженні

Для цього наскрізне вилучення германію по історичним даним для середнього пласту (№ 2) розраховано шляхом множення величини виходу германію в золу випалу на величину вилучення германію із золи при гідрометалургічному збагаченні: 61 * 0,75 = 46 %.

Як видно, не зважаючи на відсутність обмежень при проведенні геолого-економічної оцінки в даному дослідженні, у порівнянні з попередньою оцінкою 1969 року, загальний мінеральний ресурс родовища, в перерахунку на металічний германій що вилучається, очікувано суттєво виріс і, головним чином, за рахунок збільшення середнього вмісту германію в руді, і відповідно, відсотка його вилучення.

Також, використовуючи графік вміст-вилучення (рис. 6) можливо встановити межу, що відокремлює багаті руди від рядових: середній вміст германію у вугіллі в корінному заляганні має становити не менше 500 г/т, наскрізне вилучення – не менше 70%.

Таким чином, практика геолого-економічної оцінки родовищ германію в лігнітах може бути суттєво поліпшена за рахунок надійного прогнозування наскрізного вилучення германію відповідно до розрахункового і графічного методів.

Крім того, комплексне поєднання просторового, геостатистичного та фрактального аналізів може бути основою для створення прогнозних моделей і застосування їх в інших буровугільних басейнах України.

Список використаних джерел:

1. Інструкція про зміст, оформлення і порядок подання в ДКЗ України матеріалів з геолого-економічної оцінки запасів вугілля і горючих сланців / Наказ №83 від 03.10.1997 Державної Комісії по запасах корисних копалин України при Держкомгеології України, С. 26.
2. Протокол №1255 засідання науково-технічної ради тресту «Київгеологія» від 26 червня 1969 р., Київ, С. 13.
3. Бурлуцький М.С., Литвинюк С.Ф. Перспективи та можливості вилучення германію Біганського буровугільного родовища / Мінеральні Ресурси України, 2024, № 3, с. 16-20.
4. Blenkinsop T.G. Application of fractal geometry to mineral exploration / Predictive Mineral Discovery Undercover, 2004, Society of Economic Geologists, pp. 158-161.
5. Du G., Zhuang X., Querol X., Izquierdo M., Alastuey A., Moreno T., Font O. Germanium distribution in the Wulantuga high-germanium coal deposit in the Shengli coalfield, Inner Mongolia, northeastern China / International Journal of Coal Geology, 2009, 78, pp. 16-26. https://doi:10.1016/j/coal/2008.10.004
6. Frenzel M., Ketris M.P. On the geological availability of germanium / Mineral Deposita, 2014, 49, pp. 471-486 https://doi/10.1007/s00126-013-0506-z
7. Mandelbrot B.B. The fractal geometry of nature. 1983. W.H. Freeman, 523 p.
8. Ruiz A.G., Sola P.C., Moreno N. Germanium: current and novel recovery processes / Advanced Material and Device Applications with Germanium (Lee S., ed.), IntechOpen, 2018, pp. 9-29. https://dx.doi.org/10.5772/intechopen.77997
9. Seredin V.V, Finkelman R.B. Metalliferous coals: a review of the main genetic and geochemical types / International journal of coal geology. 2008, 76, pp. 253-289.
10. Seredin V.V., Dai S., Sun Yu., Chekryzhov I. Yu. Coal deposits as promising sources of rare metals for alternative power and energy-efficient technologies / Applied Geochemistry, 2013, 31, pp. 1-11.
11. Singer D. Lognormal distribution of metal resources in mineral deposits. // Ore Geology Reviews. – 2013. – Vol.55, November. – P. 80-86.
12. Wellmer F.-W., Buchholz J. G., Hagelűken P.H., Littke R., Thauer R.K. Raw materials for future energy supply. Springer, 2019, 248 p.
13. Yudovich V.E., Ketris M.P. Geochemistry of coal: occurrences and environmental impacts of trace elements / Coal Production and Processing Technology (Riazi M.R., Gupta R., editors), 2016, CRC Press, pp. 51-77.

УДК 553.493(477)

ОЦІНКА РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ІОННО-АДСОРБЦІЙНИХ РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНИХ РУД УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

Василенко А.П., *к. геол.-мін. н., с. н. с., alla_vas @ ukr/net;*
https://orcid.org/0000-0003-2560-660X;
Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна

Надано характеристику проявів іонно-адсорбційних руд рідкісних земель в межах Українського щита та приведено обсяги їх ресурсів. Визначено перспективи виявлення екзогенних руд рідкісноземельних металів в розрізі кори вивітрювання.

ESTIMATION OF THE RESOURCE POTENTIAL OF ION-ADSORPTION RARE EARTH ORES OF THE UKRAINIAN SHIELD

Vasylenko A., *Cand. Sci (Geol.-Min.), senior research scientist,*
alla_vas@ ukr/net; https://orcid.org/0000-0003-2560-660X;
(Institute of geological sciences, NASU)

The article describes the distribution of ion-adsorption ores of rare earth metals within the Ukrainian Shield and gives the volume of these resources. Prospects for the discovery of exogenous ores of rare earth metals in the weathering crust are determined.

Рідкісноземельні елементи (РЗЕ або REE – Rare Earth Elements) – ключова складова високотехнологічних та інноваційних галузей економіки сучасного світу. У зв'язку з цим, в останні роки відмічається стрімке зростання попиту на REE, в першу чергу в технологічно розвинених країнах: Європейському Союзі, США, Австралії, Канаді, Японії. Світовим лідером з видобутку та експорту рідкісноземельної сировини є Китай, який контролює понад 80 % ринку. Найбільший дефіцит REE відмічається в ЄС, причому по більшості елементів він складає 100 %.

Світова мінерально-сировинна база рідкісноземельних елементів представлена переважно комплексними родовищами, в яких REE є супутніми компонентами. Тобто їх вилучення в більшості випадків доцільне за умови видобування і вилучення основного корисного компоненту. Це переважно ендогенні родовища, де поклади знаходяться в корінних породах. Екзогенна мінералізація пов'язана з корою вивітрювання достовірних ендогенних рудних об'єктів та концентрацією рідкісних земель в стійких розсипоутворюючих мінералах (монацит, циркон, ксенотим та ін.).

В останні десятиліття велика увага приділяється вивченню концентрації рідкісних земель в немінеральній формі, де спостерігається процес повного перетворення рідкісноземельних мінералів в промислові йонно-адсорбційні концентрації. Найбільші успіхи у вивченні та видобутку таких руд досягнуті в Китаї, де в провінції Цзянсі (родовища Лонган, Улонгнан, Ксанва, Райнан та ін.) концентрація рідкісних земель в йонно-адсорбційній формі сягає 100%. Значною є і аналогічна за формою концентрація рідкісних земель Кундибайського родовища у Північному Казахстані - 62% від загального вмісту [4].

Аналіз мінерально-сировинної бази рідкісних земель України свідчить, що у її межах також наявні руди йонно-адсорбційного типу. Найбільш типовим прикладом є Хащуватське родовище. Воно локалізоване в межах Побузького блоку, в корі вивітрювання уманських рідкісноземельних гранітів, метасоматитів, метаморфізованих ультрамафітів, вапняно-магнезіальних скарнів, хлоритизованих і окварцованих амфіболітів та ін. Кора вивітрювання має велику потужність (20-100 м) і чіткий каолінітовий профіль. Найбільш потужна кора (до 100 м) відзначається у вигляді кишень в метасоматитах екзоконтактів гранітів. Її особливість – підвищений вміст заліза аж до утворення залізних руд.

Зруденіння представлене покладом залізисто-каолініт-гідрослюдистих руд, серед яких рідкісні землі знаходяться у вигляді адсорбентів на поверхні залізистих і глинистих мінералів, частково – у формі черчиту та рабдофаніту. Черчит і рабдофаніт складають невеликі гнізда, ниркоподібні і складні за формою вкраплення, прошарки крипто- і дрібнозернистої, іноді сферолітової будови. Виділення черчиту і рабдофаніту можливе за гравітаційною схемою.

Присутні також рутил, циркон, шпінель, барит, апатит. Хімічний склад покладу на метасоматитах і кальцифірах відрізняється підвищеним вмістом Fe_2O_3 (20,12%) і MnO (1,59%).

Руди мають істотно ітрієвий склад (Y_2O_3 85% від $\sum TR_2O_3$). Середній прогнозований вміст корисних компонентів (в %) становить: TR_2O_3 – 0,24 (в т.ч.Y_2O_3 0,2); середня потужність рудного покладу – 13,7 м; потужність розкриття – 20,0-40,0 м [2].

За результатами пошукових робіт, в межах даного об 'єкту було проведено підрахунок ресурсного потенціалу з подальшою апробацією Науковою радою з прогнозування (НРП). За даними апробації обсяги перспективних ресурсів кат.P_2 становлять 81,030 тис. т (TR_2O_3); в т.ч. 67,525 тис т (Y_2O_3).

Наступним об єктом, що належить до йонно-адсорбційного типу, є рідкісноземельне зруденіння Гурівської ділянки, яке розташовано в межах південної частини Кривбасу. За даними геолого-прогнозного картування, в зоні контакту гранітоїдів та карбонатних порід родіонівської світи відмічені процеси аргілізації. В аргілітах спостерігався вміст РЗЕ у межах 0,03-0,57% (середній 0,207%). Більша частина рідкісних земель знаходиться в сорбованій формі на глинистих мінералах [3].

За результатами проведених робіт, в межах даного об'єкту було проведено оцінку ресурсного потенціалу з подальшою апробацією в НРП. За даними апробації обсяги перспективних ресурсів $\sum TR_2O_3$ кат.P_2 становлять 41,4 тис. т.

Важливе значення в подальшому вивченні території УЩ щодо наявності рідкісноземельних руд екзогенного типу є кори вивітрювання Подільського рудного району. Особливе місце в рудному районі займає Глухівецько-Турбівський рудний вузол. Там зосереджені усі відомі каолінові родовища району - що експлуатуються (Глухівецьке, Турбівське) і розвідані (Велико- Гадомінецьке, Самгородське, Германівське), а також ряд перспективних проявів цього виду сировини. При проведенні досліджень щодо рудоносності кір вивітрювання даного рудного району було визначено їх рідкісноземельно-каолінову спеціалізацію.

На Глухівецькому родовищі циркон і монацит видобувалися до кінця шестидесятих років. Як свідчить авторська оцінка, сумарні підраховані запаси монациту (кат. C_2) на окремих ділянках Глухівецького, Турбівського і Велико-Гадомінецького родовищ сягають 1 млн. т при середньому вмісті 0,1-0,2 кг/м^3. Приблизно такими є ресурси циркону при середньому вмісті 0,4 кг/м^3. Ці об’єкти вивчені на рідкісні землі лише частково, тому наведені вище цифри дають тільки загальне уявлення про кількість запасів і ресурсів. Між тим, досить часто, як визначають різні автори геологічних звітів, прослідуються окремі інтервали з вмістом монациту і циркону в 1-3 кг/м^3. Все це дає підстави вважати подальшу вивченість родовищ каолінів на рідкісні землі цілком доцільною. Не останнім позитивним фактором є відпрацьована технологія видобутку концентратів достатньо високої якості - монацитового (вміст $\sum TR_2O_3$ 30-36%, витяг 28-44%) і цирконового (до 43% ZrO_2, витяг до 40%). Середній вміст $\sum TR_Y$ в сумі РЗЕ на родовищах рудного вузла приблизно 20% [1].

Таким чином, основна увага при вивченні концентрацій рідкісних земель в каолінах приділялася їх мінеральній формі – монациту, циркону тощо. Між тим, при аналізі розподілу вмісту рідкісних земель в розрізі кори вивітрювання Велико-Гадомінецького родовища помітним є надлишок $\sum TR$ у порівнянні з їх концентрацією в монациті [5]. Це визначається у наступних цифрах:

середній вміст монациту в каоліні – 49,3 г/т;

вміст $\sum TR_2O_3$ в монациті – 53,7% (26,4 г/т);

середній вміст $\sum TR_2O_3$ в каоліні – 191 г/т

Тобто, можна допустити, що відносна концентрація рідкісних земель перебуває в немінеральній формі (тобто в іонно-адсорбційній). Наведені цифри дозволяють поставити питання про більш детальне вивчення концентрацій рідкісних земель в розрізі кори вивітрювання Глухівецько-Турбівського рудного вузла.

У зв'язку з повсюдним розвитком на території УЩ досить потужної кори вивітрювання, головним чином, каолінітової, перспективи виявлення родовищ екзогенних руд рідкісноземельних металів є достатньо високими. Це знаходить підтвердження у результатах крупно- і середньомасштабних регіональних геологічних досліджень. За допомогою буріння картувальних свердловин та свердловин глибинної літохімії (КГК-100) у багатьох випадках, у каолінітовій частині кори вивітрювання, встановлювались ореоли розсипоутворюючих мінералів – циркон, монацит тощо потужністю $\pm$ 10 м. Подальше вивчення концентрації рідкісних земель в розрізі кори вивітрювання УЩ має своє продовження . Головний постулат при цьому: поступовий розпад монациту в напрямі знизу-уверх і заміна його концентраціями в іонно-адсорбційній формі на поверхні глинистих мінералів. Їх кондиційні руди можуть прослідковуватися гіпсометрично вище і нижче каолінів, а також заміщувати каолінові поклади по простяганню на ділянках розмиву каолінітової зони.

Список використаних джерел:

1. Лепігов Г.Д., Василенко А.П. Глухівецько-Турбівський рудний вузол (геологічна будова, проблеми вивчення) // Мінеральні ресурси України. 2005. №2. С. 13–15.

2. Лепігов Г.Д., Василенко А.П. Щодо перспектив Хащувацького родовища залізо-марганцевих руд // Мінеральні ресурси України. 2005. №4. С. 23-26.

3. Мартинюк А.В. Геолого-прогнозне картування масштабу 1:50 000 південної частини Кривбасу та його західного обрамлення. К., КП «Південукргеологія», 2012.

4. Подпорина Е.К. Редкоземельные месторождения в корах выветривания. М., Наука, 1985. 126 с.

5. Сонкин Л.С. Отчет по детальной разведке Велико-Гадоминецкого месторождения каолинов. К., Севукргеология, 1977.

UDC: 622.1:553.04(477)

INNOVATIVE APPROACHES TO EXPLORATION AND EXTRACTION OF STRATEGIC MINERALS IN UKRAINE

Kirin R.*[1]*, *kirinrs62@gmail.com;*
Khomenko V.*[2]*, *inteldriller@gmail.com;*
Pashchenko O.*[2]*, *pashchenko.o.a@nmu.one;*
1 – V.K. Mamutov Institute of Economic and Legal Research of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine;
2 – National Technical University "Dnipro Polytechnic", Dnipro, Ukraine

This article examines innovative methods for the exploration and extraction of strategic minerals in Ukraine, focusing on their potential to enhance economic development and energy security. Strategic minerals, such as lithium, titanium, and rare earth elements, are critical for high-tech industries and the global energy transition. The study analyzes advanced exploration technologies, including geographic information systems, remote sensing, geophysical methods, and artificial intelligence, which improve the accuracy and efficiency of identifying mineral deposits. Eco-friendly extraction techniques, such as in-situ leaching and bioleaching, alongside automation and energy-efficient technologies, are evaluated for their ability to minimize environmental impact and optimize resource recovery. The research highlights Ukraine's substantial geological potential, particularly in lithium and titanium deposits, while identifying key challenges, including regulatory barriers, outdated infrastructure, and limited investment. Recommendations include modernizing legal frameworks, upgrading transport and technological infrastructure, and fostering international partnerships to attract investment and expertise. The findings underscore the importance of integrating global best practices to strengthen Ukraine's position in the critical minerals market. Future research directions focus on scalable sustainable technologies and socio-economic impacts to support long-term growth in the sector.

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО РОЗВІДКИ ТА ВИДОБУТКУ СТРАТЕГІЧНИХ КОПАЛИН В УКРАЇНІ

Кірін Р.С.*[1]*, *kirinrs62@gmail.com;*
Хоменко В.Л.*[2]*, *inteldriller@gmail.com;*
Пащенко О.А.*[2]*, *pashchenko.o.a@nmu.one;*
1 – ДУ «Інститут економіко-правових досліджень ім. В.К. Мамутова НАН України», Київ, Україна;
2 – НТУ «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

Стаття досліджує інноваційні методи розвідки та видобутку стратегічних копалин в Україні, акцентуючи на їхньому потенціалі для сприяння економічному розвитку та енергетичній безпеці. Стратегічні копалини, такі як літій, титан і рідкоземельні елементи, є критично важливими для високотехнологічних галузей і глобального енергетичного переходу. У дослідженні аналізуються передові технології розвідки, включаючи геоінформаційні системи, дистанційне зондування, геофізичні методи та штучний інтелект, які підвищують точність і ефективність виявлення родовищ. Екологічно безпечні методи видобутку, такі як вилуговування на місці та біовидобуток, разом із автоматизацією та енергоефективними технологіями, оцінюються за їхньою здатністю мінімізувати вплив на довкілля та оптимізувати видобуток ресурсів. Дослідження підкреслює значний геологічний потенціал України, зокрема щодо родовищ літію та титану, водночас визначаючи ключові виклики, такі як регуляторні бар'єри, застаріла інфраструктура та обмежене фінансування. Рекомендації включають модернізацію правової бази, оновлення транспортної та технологічної інфраструктури та розвиток міжнародного співробітництва для залучення інвестицій і експертизи. Результати наголошують на важливості впровадження глобальних практик для посилення позицій України на ринку критичних мінералів. Майбутні дослідження мають зосередитися на масштабуванні екологічних технологій та оцінці соціально-економічних ефектів для підтримки довгострокового зростання галузі.

Introduction. The significance of strategic minerals cannot be overstated in the context of Ukraine's economy, energy security, and industrial growth. Minerals such as lithium, titanium, rare earth elements, and others are critical for high-tech industries, renewable energy technologies, and defense applications [1, 2]. As global demand for these resources continues to rise, Ukraine's ability to leverage its substantial geological reserves becomes a pivotal factor in ensuring national economic stability and competitiveness. Strategic minerals play a vital role in supporting the production of batteries for electric vehicles, renewable energy infrastructure, and advanced manufacturing, all of which are essential for aligning with global energy transition

goals [3]. Furthermore, the development of domestic extraction capabilities reduces reliance on imported resources, strengthens energy independence, and fosters sustainable industrial progress. In the face of geopolitical uncertainties and fluctuating global markets, the effective exploration and extraction of these minerals are crucial for Ukraine to capitalize on its natural wealth and secure a stable economic future.

A review of existing literature [4, 5] reveals a growing body of research on innovative exploration and extraction techniques globally, yet there is a noticeable gap in studies specific to Ukraine's context. Previous works [6, 7] have explored geophysical methods, remote sensing, and automation in mineral exploration, but few have addressed their practical implementation in Ukraine's geological and regulatory environment. Existing studies [8, 9] often focus on traditional extraction methods, with limited attention to environmentally sustainable practices or the integration of advanced technologies like artificial intelligence and machine learning. Moreover, challenges such as outdated infrastructure, regulatory hurdles, and insufficient investment have been identified as barriers to progress in the sector. This article builds on these findings by analyzing how global innovations can be adapted to Ukraine's unique conditions, addressing gaps in the application of eco-friendly technologies, automation, and data-driven approaches. By synthesizing international best practices with local realities, the study aims to provide a roadmap for overcoming current limitations and advancing Ukraine's mineral industry.

The article aims to provide a comprehensive overview of modern innovative methods applied to the exploration and extraction of strategic minerals in Ukraine. The focus is on analyzing cutting-edge technologies and approaches that enhance the efficiency, sustainability, and economic viability of these processes. By examining both established and emerging techniques, the study seeks to highlight their applicability to Ukraine's unique geological and economic context, offering insights into how these methods can address current challenges and unlock the country's mineral potential. The objective is to contribute to the scientific and practical discourse on optimizing resource extraction to support Ukraine's industrial and economic development.

Theoretical Foundations and Strategic Minerals. Strategic minerals are defined as critical raw materials essential for industrial, technological, and economic development, particularly due to their scarcity, high demand, and indispensable role in advanced technologies [10, 11]. These minerals include, but are not limited to, lithium, titanium, rare earth elements (REEs), cobalt, and graphite. Lithium is vital for battery production in electric vehicles and energy storage systems, supporting the global transition to renewable energy. Titanium, known for its strength and corrosion resistance, is critical in aerospace, defense, and medical industries [12]. Rare earth elements, a group of 17 metals, are integral to manufacturing high-performance magnets, electronics, and renewable energy technologies such as wind turbines [13, 14]. The significance of these minerals lies in their contribution to energy security, technological innovation, and economic competitiveness. Their strategic importance is amplified by limited global supply chains, geopolitical dependencies, and increasing demand driven by the green energy revolution and digital transformation.

Ukraine possesses a substantial geological potential for strategic minerals, with a variety of deposits that position it as a significant player in the global market. The country hosts notable reserves of lithium, particularly in the Polokhivske and Shevchenkivske deposits, which are among the largest in Europe [15, 16]. Titanium deposits, primarily in the form of ilmenite and rutile, are found in regions such as the Malyshevske and Irshanske fields, making Ukraine one of the world's leading producers of titanium raw materials [17]. Additionally, Ukraine has promising reserves of rare earth elements, graphite, and other critical minerals in areas like the Azov-Zakarpattia region [18]. These deposits are characterized by their large scale, favorable geological settings, and accessibility for extraction. However, challenges such as outdated exploration data, insufficient investment, and regulatory complexities have hindered their full development. An overview of these deposits, including their geological composition, estimated reserves, and extraction feasibility, underscores Ukraine's potential to meet both domestic and

global demand for strategic minerals.

Global trends in the extraction of strategic minerals highlight a shift toward sustainable, technology-driven, and efficient practices, offering valuable lessons for Ukraine. Internationally, countries like Australia, Canada, and China have advanced their mining sectors through the adoption of automated systems, environmentally friendly extraction methods, and data-driven exploration technologies [12]. For instance, Australia employs advanced geophysical surveys and machine learning to optimize exploration, while Canada emphasizes low-impact mining techniques to minimize environmental damage [6]. China dominates rare earth element production through integrated supply chains and heavy investment in processing technologies. In contrast, Ukraine's mining sector relies heavily on traditional methods, with limited integration of modern innovations. Comparative analysis reveals that Ukraine could benefit from adopting global best practices, such as in-situ leaching for lithium, automated drilling systems, and recycling of mining waste, to enhance efficiency and sustainability. By aligning with these international trends, Ukraine can strengthen its position in the global market while addressing environmental and economic challenges specific to its context.

Innovative Exploration Methods. Geographic Information Systems (GIS) have become a cornerstone of modern mineral exploration, enabling the integration, analysis, and visualization of complex geological data [19]. In Ukraine, GIS is used to compile and interpret diverse datasets, including geological maps, mineral deposit locations, and geophysical survey results. By overlaying topographic, geochemical, and structural data, GIS facilitates the identification of potential mineral deposits with high precision. Advanced GIS platforms allow for spatial analysis to detect patterns, such as fault lines or mineralization zones, that indicate the presence of strategic minerals like lithium or titanium. In Ukraine's context, GIS applications can optimize exploration in regions like the Krivoy Rog Basin by mapping subsurface structures and prioritizing drilling targets, thereby reducing costs and environmental impact. The ability to integrate real-time data and generate 3D models further enhances decision-making, making GIS an indispensable tool for efficient and targeted exploration.

Remote sensing technologies, including satellite imagery and unmanned aerial vehicles (drones), have revolutionized mineral exploration by providing high-resolution data over large and often inaccessible areas. In Ukraine, satellite-based remote sensing, utilizing multispectral and hyperspectral imaging, enables the detection of surface mineral signatures, such as alterations associated with rare earth elements or titanium deposits. Drones equipped with sensors like LiDAR and thermal cameras offer detailed topographic and geological mapping, particularly in rugged terrains like the Carpathian or Donetsk regions. These technologies allow for rapid, non-invasive surveys, reducing the need for extensive ground-based exploration. By combining satellite and drone data, Ukrainian exploration teams can identify promising sites with greater accuracy, streamline reconnaissance efforts, and minimize environmental disturbance, aligning with global sustainability goals.

Geophysical methods have seen significant advancements, with modern technologies like magnetic, gravity, and seismic surveys providing deeper insights into subsurface geology. In Ukraine, high-resolution magnetic surveys are used to detect magnetic anomalies associated with iron or titanium deposits, while gravity surveys help identify dense mineral bodies, such as those containing rare earth elements. Seismic exploration, traditionally used in oil and gas, is increasingly adapted for hard-rock mining to map subsurface structures. Innovations like 3D seismic imaging and electromagnetic surveys enhance the resolution and depth of exploration, enabling the identification of complex deposits in regions like the Ukrainian Shield. These methods, when combined with advanced data processing, improve the accuracy of resource estimation and reduce exploration risks, offering a cost-effective approach to discovering strategic mineral deposits.

Artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) are transforming mineral exploration by enabling predictive modeling and data-driven decision-making. In Ukraine, AI algorithms can analyze vast datasets from geophysical surveys, drilling logs, and geochemical

assays to predict the location and size of mineral deposits. Machine learning models, trained on global and local geological data, identify patterns and anomalies that may be missed by traditional methods, such as subtle indicators of lithium or rare earth deposits. For instance, neural networks can process multispectral remote sensing data to pinpoint mineralization zones with high confidence. In Ukraine's exploration sector, where resources for extensive fieldwork are limited, AI-driven modeling optimizes target selection and reduces exploration costs. By integrating AI with GIS and geophysical data, Ukraine can enhance the efficiency and accuracy of its exploration programs, unlocking the full potential of its strategic mineral resources.

Innovative Extraction Technologies. Environmentally friendly extraction methods are increasingly critical in reducing the ecological footprint of mining operations, particularly in Ukraine, where sustainable development is a priority. In-situ leaching (ISL), for instance, is a low-impact technique that involves injecting a leaching solution into the ore body to dissolve minerals like lithium or uranium, which are then pumped to the surface for processing [20]. This method minimizes surface disruption, eliminates the need for large-scale excavation, and reduces waste production, making it suitable for Ukraine's lithium deposits in regions like Polokhivske. Bioleaching, another innovative approach, utilizes microorganisms to extract metals from low-grade ores or mining waste, offering an eco-friendly alternative for processing complex ores such as those containing rare earth elements. These methods not only lower environmental damage but also enhance resource recovery, aligning with global standards for sustainable mining and addressing Ukraine's need to balance economic growth with environmental preservation.

Automation and robotics are transforming the mining industry by improving efficiency, safety, and precision in extraction processes. In Ukraine, where labor-intensive mining methods are still prevalent, the adoption of automated systems can significantly enhance productivity. Autonomous drilling rigs and robotic haulage systems, guided by real-time data and GPS, can operate continuously in hazardous environments, reducing risks to workers in mines like those in the Krivoi Rog Basin. Automated sorting technologies, using sensors and AI, improve ore processing by separating valuable minerals from waste with high accuracy, optimizing resource use. Implementing these technologies in Ukraine's titanium or graphite mines could increase output while reducing operational costs and human error, positioning the country to compete with global leaders in mining efficiency.

Waste processing and recycling are critical components of modern mining, addressing both environmental and economic challenges. Innovative methods, such as hydrometallurgical and pyrometallurgical processes, enable the recovery of valuable minerals from tailings and slag, which are abundant in Ukraine's older mining regions. For example, reprocessing tailings from titanium or iron ore mines can yield secondary resources like rare earth elements or industrial byproducts. Additionally, technologies like geopolymerization allow mining waste to be converted into construction materials, reducing landfill use and creating new revenue streams. In Ukraine, where legacy mining operations have left significant waste stockpiles, these methods offer a dual benefit of environmental remediation and resource recovery, supporting a circular economy approach in the mining sector.

Energy-efficient technologies, particularly those leveraging renewable energy sources, are pivotal in reducing the carbon footprint of mining operations. In Ukraine, integrating solar, wind, or hydropower into mining processes can lower energy costs and environmental impact. For instance, solar-powered equipment can be used for ore processing or water pumping in remote mining sites like the Irshanske titanium deposit. Energy-efficient grinding and crushing technologies, such as high-pressure grinding rolls (HPGR), reduce energy consumption by up to 30% compared to traditional methods. By adopting these technologies, Ukraine can align its mining industry with global decarbonization goals, enhance energy security, and reduce reliance on fossil fuels. These advancements not only improve operational sustainability but also make Ukraine's mining sector more attractive to international investors seeking green technologies.

Challenges and Prospects in Ukraine. The extraction of strategic minerals in Ukraine faces significant economic and regulatory barriers that hinder the sector's development.

Economically, the industry suffers from insufficient investment, as both domestic and foreign funding are limited by high risks associated with geopolitical instability and ongoing conflict. The capital-intensive nature of modern mining operations, particularly for critical minerals like lithium and rare earth elements, requires substantial upfront investment in exploration, extraction, and processing infrastructure, which is challenging given Ukraine's constrained financial resources. Regulatory challenges further exacerbate the issue, as the legal framework for subsoil use is outdated and lacks transparency. For instance, the process for obtaining mining licenses is often bureaucratic, with complex permitting procedures and inconsistent enforcement, deterring potential investors. Recent efforts to revise the methodology for defining strategic minerals and improve data transparency, as noted in discussions led by the State Service of Geology and Mineral Resources, indicate progress, but the regulatory system still requires harmonization with international standards to foster competition and streamline land allocation for mining purposes. These barriers collectively limit Ukraine's ability to capitalize on its mineral wealth and compete in the global market.

Infrastructure challenges, particularly in transportation and technology, pose significant obstacles to the efficient extraction and processing of strategic minerals. Ukraine's transport infrastructure, including roads, railways, and ports, is often outdated and damaged due to ongoing conflict, limiting the ability to transport minerals from remote mining sites to processing facilities or export hubs. For example, the lack of modernized transport corridors hinders the efficient movement of titanium or graphite from deposits in regions like Irshansk or Zavalivka to international markets. Technological infrastructure is equally underdeveloped, with many mining operations relying on outdated equipment and methods that reduce efficiency and increase environmental impact. The absence of advanced processing plants capable of refining critical minerals domestically forces Ukraine to export raw materials, reducing value-added potential. While initiatives like the Drive Ukraine 2030 plan aim to develop transport corridors and integrate with European networks, the implementation of such projects is slow and requires significant investment, further complicating the sector's growth.

International cooperation offers substantial opportunities to overcome these challenges by attracting foreign investment and advanced technologies. Ukraine's strategic location near the European Union and its significant reserves of critical minerals makes it an attractive partner for international investors. Partnerships with organizations like the European Bank for Reconstruction and Development (EBRD) and the European Investment Bank (EIB) can provide funding for infrastructure upgrades and technology transfer. Additionally, the 2021 Memorandum on Strategic Partnership in the Raw Materials Sector with the EU opens avenues for collaboration in developing critical minerals, supporting import substitution, and fostering innovation. International companies, such as those in Australia or Canada, can bring expertise in sustainable mining practices and automation, enhancing Ukraine's capabilities. However, attracting foreign investment requires a stable regulatory environment, transparent licensing, and incentives like tax breaks or R&D support, as highlighted by industry experts. Such cooperation could enable Ukraine to integrate into global supply chains, particularly for high-demand minerals like lithium and rare earth elements, strengthening its economic position.

Despite these challenges, the prospects for Ukraine's strategic minerals sector are promising, provided innovative approaches are adopted. The country's vast reserves of lithium, titanium, graphite, and other critical minerals position it to meet growing global demand driven by the green energy transition and technological advancements. Implementing innovations like in-situ leaching, automation, and AI-driven exploration can enhance efficiency and sustainability, reducing costs and environmental impact. Harmonizing regulations with international standards, as proposed in recent conferences, will attract investment and foster competitive markets. Investments in R&D centers and professional education, as well as the development of domestic processing facilities, can shift Ukraine from a raw material exporter to a value-added producer. By leveraging its geological potential, strategic location, and international partnerships, Ukraine has the opportunity to transform its mining sector into a driver of economic growth and energy

security, contributing to both national development and global supply chains.

Conclusions. The study highlights that innovative approaches to the exploration and extraction of strategic minerals in Ukraine, such as lithium, titanium, and rare earth elements, offer significant potential to enhance the country's economic and industrial development. The integration of advanced technologies, including geographic information systems, remote sensing, geophysical methods, and artificial intelligence, has been shown to improve the efficiency and accuracy of mineral exploration, enabling the identification of high-potential deposits with reduced environmental impact. Similarly, the adoption of eco-friendly extraction methods like in-situ leaching and bioleaching, alongside automation and energy-efficient technologies, can optimize resource recovery while addressing sustainability concerns. Despite Ukraine's substantial geological potential, challenges such as outdated regulatory frameworks, insufficient infrastructure, and limited investment currently hinder progress. These findings underscore the critical need for modernization and strategic reforms to unlock the full potential of Ukraine's mineral resources, positioning the country as a competitive player in global supply chains for critical minerals essential for green energy and high-tech industries.

To address these challenges, several practical recommendations are proposed for stakeholders. For government bodies, reforming the regulatory framework to align with international standards is essential, including streamlining licensing processes, enhancing transparency, and offering incentives for sustainable practices. Investments in transport and technological infrastructure, such as modernized railways and processing facilities, are critical to improving operational efficiency and adding value to raw materials domestically. Mining companies should prioritize adopting innovative technologies like automation, AI-driven analytics, and renewable energy integration to reduce costs and environmental impact. Collaboration with international partners, such as through EU initiatives or private-sector investments, can provide access to advanced technologies and funding. For researchers, developing localized models for AI-based exploration and testing eco-friendly extraction methods tailored to Ukraine's deposits will further enhance efficiency. Establishing R&D centers and fostering professional education programs will also support long-term innovation in the sector.

References:

1. Mykhailov, V. A., Vasylenko, V. V., & Naumenko, U. Z. (2022). Exploration and mining perspectives of the critical elements for green technologies in Ukraine. *Geological Journal of Ukraine*, 15(2), 45–60.
2. Rudko G. I., & Bala G. R. (2021). Critical mineral raw materials and their prospects in Ukraine. *Mineral resources of Ukraine.* 2. 3-14. (in Ukrainian).
3. Hrinchenko, O. V., Kurylo, M. V., Mykhailov, V. A., et al. (2006). *Metallic minerals of Ukraine*. Kyiv: Kyivskyi universytet. 218 p. (in Ukrainian).
4. Baskaran, G. (2025). Assessing the viability of a U.S.-Ukraine minerals deal. *Center for Strategic and International Studies (CSIS)*. Available at: https://www.csis.org/analysis/assessing-viability-us-ukraine-minerals-deal.
5. Liventseva, H. (2022). Ukraine's mineral resources: A geological overview. *Journal of the Ukrainian Association of Geologists*, 10(1), 12–25.
6. World Economic Forum. The future of critical raw materials: How Ukraine plays a strategic role in global supply chains. (Jul 9, 2024). Available at: https://www.weforum.org/stories/2024/07/the-future-of-critical-raw-materials-how-ukraine-plays-a-strategic-role-in-global-supply-chains/
7. Haque, N., Hughes, A., Lim, S., & Vernon, C. (2014). Rare earth elements: Overview of mining, mineralogy, uses, sustainability and environmental impact. *Resources*, 3(4), 614–635. https://doi.org/10.3390/resources3040614.
8. Ukraine Geological Survey. (2023). Reform of the Ukrainian raw materials sector. *Ukraine Recovery Conference Presentations, 21–22 June 2023, London*. Available at:

https://www.ceobs.org.

9. Amato, A., Becci, A., Birloaga, I., et al. (2019). Sustainability analysis of innovative technologies for the rare earth elements recovery. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 106, 41–53. https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.02.029.

10. Muggah, R., & Rohozinski, R. (2025). The mineral wars - How Ukraine's critical minerals will fuel future geopolitical rivalries. *Center for International Relations and Sustainable Development (CIRSD)*. Available at: https://www.cirsd.org/en/horizons/horizons-winter-2025-issue-no-29/the-mineral-wars

11. Castor, S.B., & Hedrick, J.B. (2006). Rare Earth Elements. *Industrial Minerals Volume, 7th Edition*, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Littleton, Colorado, 769-792.

12. Landa, V. (2025). Ukraine inks minerals deal with the US, establishes joint fund for post-war reconstruction. *Centre for Economic Strategy, Kyiv*. Available at: https://ces.org.ua/en/ukraine_us_fund_reconstruction/

13. Vasylenko, V., & Naumenko, U. (2022). Prospects of development of lithium resource base in Ukraine. *Ukrainian Journal of Mineral Resources*, 8(3), 33–47.

14. Heyets, V., Ustymenko, V., & Kirin, R. (2023). The Innovation and Investment Paradigm of Acquiring Subsoil Use Rights in the Conditions of the Post-War Recovery of Ukraine's Economy. *Science and Innovation,* 19(5), 3–17. https://doi.org/10.15407/scine19.05.003

15. Small Mining Encyclopedia: in 3 vol. / ed. V. S. Biletsky. (2013). Vol. 3. Donetsk: Eastern Publishing House. 644 p. (in Ukrainian).

16. R. Kirin, A. Yevstihnieiev, A. Vyprytskyi, & S. Sieriebriak (2023). Legal aspects of mining in Ukraine: European integration vector. *Mining of Mineral Deposits.* 2(17), 44-52. https://doi.org/10.33271/mining17.02.044

17. Conflict and Environment Observatory (CEOBS). (2024). The environmental risks from a critical minerals rush in Ukraine. Available at: https://ceobs.org/the-environmental-risks-from-a-critical-minerals-rush-in-ukraine/

18. Gryschak, S., & Kirin, R. (2014). Legal regime of energy resources of European Union: ecological aspect. *Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining,* 357-360. https://doi.org/10.1201/b17547-61

19. Kirin Roman, Khomenko Volodymyr & Pashchenko Oleksandr. (2024). Prospects of legal regulation of educational AI relations. In Oleksii Kostenko & Yuriy Yekhanurov (Eds.), *Digital transformation in Ukraine: AI, Metaverse and Society* 5.0. SciFormat Publishing Books. pp. 124-129. https://doi.org/10.69635/978-1-0690482-1-9-ch13

20. Boranbay Ratov, Artem Pavlychenko, Roman Kirin, Oleksandr Pashchenko, Volodymyr Khomenko, Nurbol Tileuberdi, Oleksandr Kamyshatskyi, Stanislav Sieriebriak, Askar Seidaliyev & Samal Muratova (2025). Using Machine Learning to Model Mechanical Processes in Mining: Theory, Practice, and Legal Considerations. *Engineered Science*. 33, 1419. https://dx.doi.org/10.30919/es1419

УДК 553.4

СТВОРЕННЯ БЕЗПЕЧНИХ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАННЯ КРИТИЧНИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН: РОЛЬ ПРОЕКТУ BLOOM ТА ДОСВІД ТАУРУС ІНФІНІТІ

Фалькович О.Л.*[1]*, *к. геол. н., falkovich.oleksii@gmail.com,*
Курило М.М.*[2]*, *д. геол. н., marikurylo@meta.ua,*
1 – ТОВ «Геологічна сервісна компанія, ГСК», Київ, Україна,
2– ННІ «Інститут геології» КНУ імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

Створення безпечних і стійких ланцюгів постачання критичних корисних копалин (ККК) є одним із ключових викликів для сучасної економіки, особливо у контексті енергетичного переходу, розвитку «зеленої» економіки та геополітичної конкуренції. Україна розглядається як один з великих гравців на сировинному ринку критичної мінеральної сировини.

Тантал і ніобій вважаються критичними мінералами для Європи, адже вони широко застосовуються в електроніці, авіації та оборонній промисловості. Українські запаси цих елементів можуть зменшити залежність Європейського Союзу від імпорту, що дуже важливо для забезпечення стабільності постачання

Товариство "ТАУРУС ІНФІНІТІ" долучилося до міжнародного консорціуму BLOOM – глобальної ініціативи, що об'єднує експертів із промисловості та науково-дослідної сфери.

Консорціум BLOOM складається з мультидисциплінарної групи з 14 партнерів із чотирьох європейських країн, а також двох партнерів з України, трьох з Канади та одного з Бразилії. Основною метою дослідження концерну є розробка сучасної промислової технології збагачення тантал-ніобієвих руд з отриманням продуктів високої якості, а також обмін досвідом в освоєнні аналогічних родовищ.

Для вивчення вказаних питань в Україні було обрано родовище тантал-ніобієвих руд Мостове, власником спеціального дозволу на яке є ТОВ «Таурус Інфініті». Для участі в європейському консорціумі компанія пройшла необхідний аудит та відповідну верифікацію даних. Починаючи з 2025 року ТОВ «Таурус Інфініті» отримала перший транш грантового фінансування для виконання поставлених завдань в рамках консорціуму.

Вивчення передового європейського досвіду в видобуванні та переробці руд таких родовищ, а особливо в застосуванні новітніх технологій збагачення таких руд може кардинально змінити підходи до освоєння родовища Мостове.

Європейський союз дуже зацікавлений в якнайшвидшому запуску гірничо-збагачувальних підприємств у сфері критичної мінеральної сировини в Україні, але ці підприємства повинні застосовувати сучасні технології видобутку і переробки для отримання якісного кінцевого продукту для реалізації на європейському ринку. Причому освоєння родовища повинно виконуватись з найменшим навантаженням на оточуюче середовище.

CREATING SECURE SUPPLY CHAINS FOR CRITICAL MINERALS: THE ROLE OF THE BLOOM PROJECT AND THE EXPERIENCE OF TAURUS INFINITY

Falkovich O.*[1]*, *Cand. Sci. (Geol.), falkovich.oleksii@gmail.com,*
Kurylo M.*[2]*, *Dr. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., marikurylo@meta.ua,*
1 – Geological Service Company LLC, Kyiv, Ukraine
2 – Institute of Geology Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

Creating secure and sustainable supply chains of critical minerals (CMCs) is one of the key challenges for the modern economy, especially in the context of energy transition, development of the "green" economy and geopolitical competition. Ukraine is considered one of the major players in the critical minerals raw materials market.

Tantalum and niobium are considered critical minerals for Europe, as they are widely used in electronics, aviation and defense industries. Ukrainian reserves of these elements can reduce the European Union's dependence on imports, which is very important for ensuring the stability of supply

"TAURUS INFINITY" Company has joined the international BLOOM consortium – a global initiative that brings together experts from industry and research.

The BLOOM consortium consists of a multidisciplinary group of 14 partners from four European countries, as well as two partners from Ukraine, three from Canada and one from Brazil. The main goal of the concern's research is to develop a modern industrial technology for the enrichment of tantalum-niobium ores to obtain high-quality products, as well as exchange of experience in the development of similar deposits.

To study these issues, the Mostovye tantalum-niobium ore deposit was selected in Ukraine, the owner of a special permit for which is Taurus Infinity LLC. To participate in the European consortium, the company underwent the necessary audit and appropriate data verification. Starting in 2025, Taurus Infinity LLC received the first tranche of grant funding to fulfill the tasks set within the consortium.

Studying advanced European experience in the extraction and processing of ores from such deposits, and especially in the application of the latest enrichment technologies for such ores, can radically change approaches to the development of the Mostovye deposit.

The European Union is very interested in the earliest possible launch of mining and processing enterprises in the field of critical mineral raw materials in Ukraine, but these enterprises must apply modern mining and processing technologies to obtain a high-quality final product for sale on the European market. Moreover, the development of the deposit must be carried out with the least burden on the environment.

Створення безпечних і стійких ланцюгів постачання критичних корисних копалин (ККК) є одним із ключових викликів для сучасної економіки, особливо у контексті енергетичного переходу, розвитку «зеленої» економіки та геополітичної конкуренції.

Чому це важливо?

• Енергетичний перехід: для виробництва акумуляторів, сонячних панелей, вітрових турбін потрібні літій, кобальт, нікель, тантал, ніобій, рідкоземельні елементи.

• Геополітичні ризики: концентрація видобутку та переробки у небагатьох країнах (наприклад, Китай → рідкоземельні, Конго → кобальт).

• Економічна безпека: нестабільність постачань впливає на промисловість, оборону та енергетику.

Основні стратегії побудови безпечних ланцюгів постачання критичних корисних копалин які визначені в світі можна розподілити на декілька напрямків:

1. Диверсифікація джерел
- Розвиток нових шахт у різних регіонах.
- Уникнення залежності від одного постачальника.

2. Партнерства та альянси
- Ініціативи на кшталт Minerals Security Partnership (США, ЄС, Японія, Канада тощо).
- Двосторонні угоди про стратегічні постачання.

3. Розвиток власної переробки та виробництва
- Інвестування у заводи з переробки та рафінування (щоб не вивозити лише сировину).
- Створення внутрішніх виробничих кластерів.

4. Рециркуляція та повторне використання
- Розвиток технологій urban mining — витяг корисних металів із відходів електроніки та батарей.
- Державні стимули для переробки.

5. Технологічні інновації та замінники
- Пошук альтернативних матеріалів (наприклад, катоди без кобальту).
- Оптимізація використання рідкоземельних у виробництві.

6. Прозорість і стандарти сталого розвитку
- Впровадження сертифікацій (ESG, traceability, «від шахти до батареї»).
- Запобігання «конфліктним мінералам» (child labor, нелегальний видобуток).

Практично всі ці елементи стратегій актуальні і для України як одного з великих гравців на сировинному ринку критичної мінеральної сировини. Україна має значні поклади титану, літію, марганцю, графіту, урану. Це дає шанс стати важливим партнером ЄС у сфері критичної сировини, отримати інвестиції у видобуток і переробку та розвивати експорт із доданою вартістю, а не лише як сировинна база.

Тантал і ніобій вважаються критичними мінералами для Європи, адже вони широко застосовуються в електроніці, авіації та оборонній промисловості. Українські запаси цих елементів можуть зменшити залежність Європейського Союзу від імпорту, що дуже важливо для забезпечення стабільності постачання.

Спочатку тантал і ніобій використовувались для виготовлення дроту для ламп розжарювання. Однак завдяки своїм унікальним властивостям: пластичності, міцності, корозійній стійкості та жаростійкості, високому коефіцієнту тепловіддачі, здатності «ладнати» з живою тканиною тіла, метал знайшов застосування в електроніці, хімії , машинобудуванні, атомній енергетиці, металургії та в медицині.

Високоміцні низьколеговані сталі використовуються для виготовлення кузовів легкових автомобілів і вантажних автомобілів, мостів, залізниць, корпусів кораблів, нафто- і газопроводів. Вони також забезпечують катодний захист великих сталевих конструкцій, таких як нафтові платформи.

Інші метали, що використовуються в сплавах поряд з ніобієм, включають цирконій, титан і олово. Такі сплави мають високу корозійну стійкість; тому вони знаходять застосування у виробництві апаратів хімічної промисловості та трубопроводів. Крім того, сплави ніобію з титаном (сплав NT-50, T C ~ 13K) або ніобію з оловом (Nb3Sn, TC ~ 18K), які є основою технічних надпровідників (електричний опір у них відсутній при дуже низьких температурах), використовуються для отримання магнітних полів високої напруги, необхідних для різних промислових та практичних застосувань. Найвідоміші – магнітно-резонансна томографія (МРТ) у медицині та спектроскопія ядерно-спінового резонансу (ЯСР) у біології, хімії та матеріалознавстві. У той час як для прискорення пучків частинок використовується чистий ніобій, надпровідні магніти на основі NbTi використовуються для фокусування пучків подібно до аналізаторів детекторів зіткнень частинок. Тому для великого адронного колайдера для надпровідникових застосувань потрібно кілька сотень тон сплаву NbTi і кілька десятків тон чистого ніобію.

Товариство “ТАУРУС ІНФІНІТІ” долучилося до міжнародного консорціуму BLOOM – глобальної ініціативи, що об’єднує експертів із промисловості та науково-дослідної сфери.

Консорціум BLOOM складається з мультидисциплінарної групи з 14 партнерів із чотирьох європейських країн, а також двох партнерів з України, трьох з Канади та одного з Бразилії. Основною метою дослідження концерну є розробка сучасної промислової технології збагачення тантал-ніобієвих руд з отриманням продуктів високої якості, а також обмін досвідом в освоєнні аналогічних родовищ.

Для вивчення вказаних питань в Україні було обрано родовище тантал-ніобієвих руд Мостове, власником спеціального дозволу на яке є ТОВ «Таурус Інфініті». Для участі в європейському консорціумі компанія пройшла необхідний аудит та відповідну верифікацію даних. Починаючи з 2025 року ТОВ «Таурус Інфініті» отримала перший транш грантового фінансування для виконання поставлених завдань в рамках консорціуму.

Для ознайомлена надаю коротку довідку про родовище Мостове.

Родовище Мостове розташовано в межах Звенігородсько-Ганнівської зони розломів, яка обмежує Корсунь-Новомиргородський плутон із заходу (рис.1). Рідкіснометалева мінералізація території пов’язана з тілами метасоматично змінених апліт-пегматоїдних гранітів та метасоматитів, виявлених картувальними і пошуковими роботами в обрамленні Корсунь-Новомиргородського плутону. Вміщуючими породами є гнейси та кристалосланці біотитові, кордієрит-силіманіт-біотитові, рідше піроксен-біотитові і амфібол-біотитові інгуло-інгулецької серії. В межах родовища Мостове розкрито 3 рудні зони, в яких умовно, шляхом ув’язки по простяганню і падінню інтервалів з рудним вмістом корисних компонентів, з урахуванням геологічної будови ділянки, виділено 5 рудних тіл. Три з п'яти рудних тіл відносяться до третьої рудної зони, яка в даний час є найбільш вивченою та перспективною. Збільшення ресурсного потенціалу цього проекту можливо за рахунок геолого-розвідувальних робіт у межах першої та другої рудних зон родовища Мостове.

Руди характеризуються мінливим складом мінералів-концентраторів корисних компонентів і отримані результати з невеликої проби не можуть вважатися однозначними. Метасоматичні перекристалізовані апліт-пегматоїдні гранити вміщують шпінель, гранат і думортьєрит - рідкісний ортоборат, характерний для рідкіснометалевих пегматитових родовищ. Також виявлені мінерали танталу та ніобію: колумбіт, тантал- колумбіт, ніоботанталіт, стрюверит, манганоколумбіт, та тапіоліт, каситерит, хризоберил, гельвін і гентгельвін.

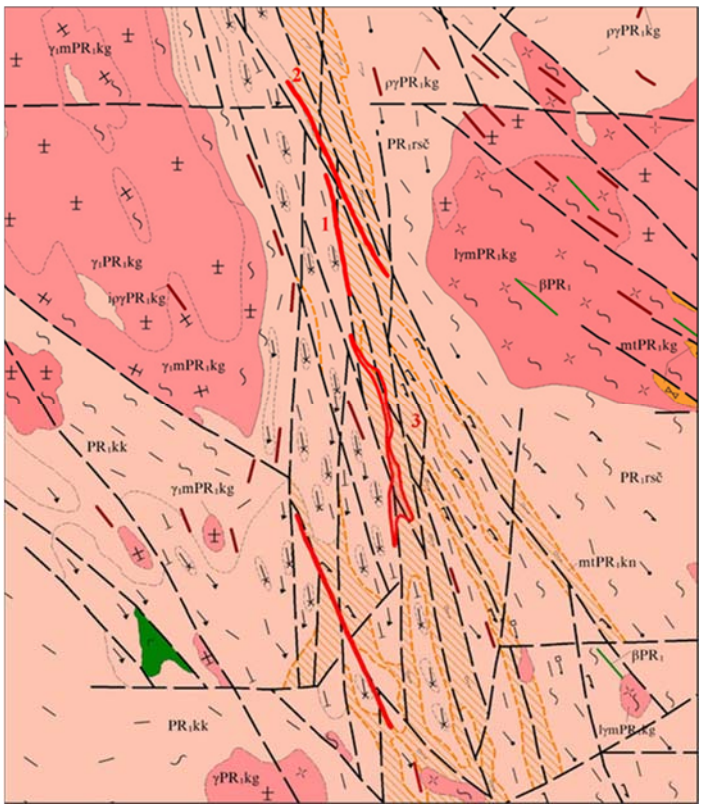


Рис.1. Обзорна геологічна карта розташування родовища Мостове з виділенням рудних зон

У рамках проекту BLOOM ТОВ «Таурус Інфініті» виконало комплексні роботи на родовищі Мостове, зокрема:

- провели геодезичні роботи для планування буріння;
- запроектували бурові роботи та технічне узгодження;
- розробили лабораторний план та підготовчі процедури;
- систематизували технологічні дані для вивчення комплексних руд ділянки.

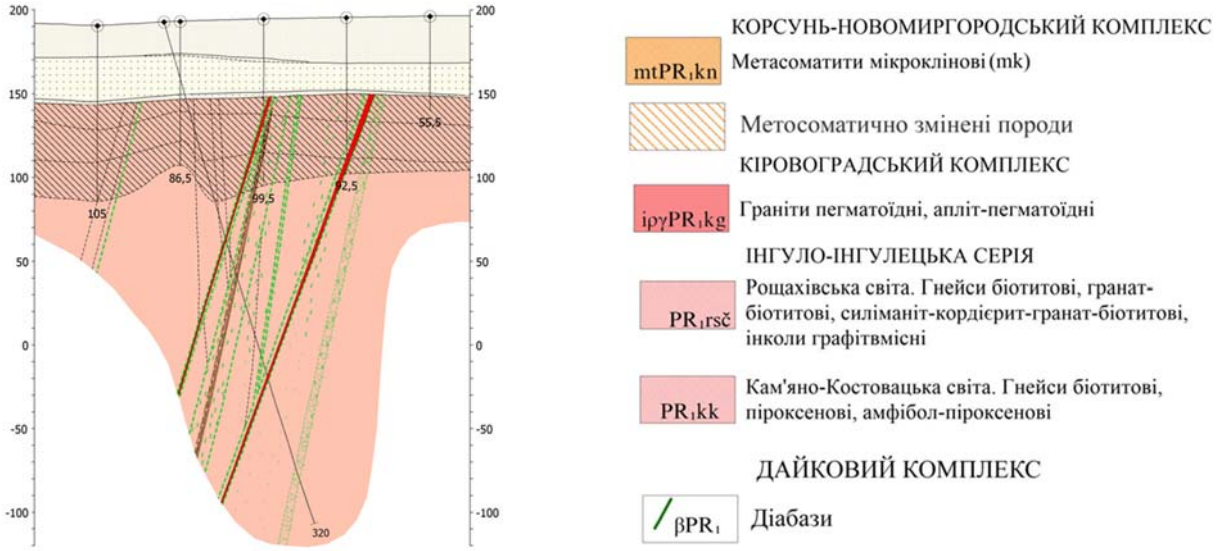


Рис. 2. Характерний геологічний розріз родовища Мостове та умовні позначки

Ці роботи є основою для подальшого аналізу потенціалу родовища та впровадження новітніх рішень в рамках проекту BLOOM.

Вивчення передового європейського досвіду в видобуванні та переробці руд таких родовищ, а особливо в застосуванні новітніх технологій збагачення таких руд може кардинально змінити підходи до освоєння родовища Мостове.

Європейський союз дуже зацікавлений в якнайшвидшому запуску гірничо-збагачувальних підприємств у сфері критичної мінеральної сировини в Україні, але ці підприємства повинні застосовувати сучасні технології видобутку і переробки для отримання якісного кінцевого продукту для реалізації на європейському ринку. Причому освоєння родовища повинно виконуватись з найменшим навантаженням на оточуюче середовище.

Список використаних джерел:

1. Закон України Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3268-17
2. Клочков В.М., Шевченко О.М., Клочков С.В., Белєвцева М.Р. Геологічна карта основних структурних поверхів України. Масштаб 1:1 000 000. – Київ, 2015
3. Н.М. Лижаченко ,С. І. Курило , В.О. Сьомка , С.М. Бондаренко Рідкіснометалева мінералізація в апатит-кордієритових метасоматитах рудопрояву Мостове. / http://geonews.com.ua/uploaded_files/geoforum_2019.pdf/
4. Critical raw materials// https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials_en
5. European Bank for Reconstruction and Development «mining strategy for 2024-2028» draft mining rus. 2023

УДК 553.493(477)

РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНІ МЕТАЛИ У НАДРАХ УКРАЇНИ

***Гейченко М.В.*[1]**, *к. геол., m.heichenko@ukrlithium.com,*
***Сукач В.В.*[2]**, *д. геол. н., старший дослідник, svital@ukr.net,*
***Василенко А.П.*[3]**, *к. геол. н., alla_vas@ukr.net,*
1 – ТОВ "Укрлітійвидобування", м. Київ, Україна,
2 – Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, м. Київ, Україна,
3 – Інститут геологічних наук НАН України, м. Київ, Україна

Розглянуто сучасний стан і перспективи мінералізації рідкісноземельних елементів (REE) в Україні, яка має значний мінерально-ресурсний потенціал, зосереджений у межах Українського щита. У його межах виділяються дві головні провінції: Західна (Інгуло-Волино-Подільська) та Східна (Приазовська). Родовища і рудопрояви REE мають ендогенну та екзогенну (кора вивітрювання, монацитові розсипи) природу. Показано, що Україна володіє значними ресурсами REE, які можуть стати основою для стратегічного партнерства з ЄС та США у сфері постачання критичних матеріалів. Обґрунтовано головні виклики — екологічні, технологічні, геополітичні. Підкреслено важливість використання цього ресурсу для повоєнного економічного розвитку України.

RARE EARTH METALS IN THE SUBSOIL OF UKRAINE

***Heichenko M.*[1]**, *Cand. Sci. (Geol.), m.heichenko@ukrlithium.com,*
***Sukach V.*[2]**, *Dr. Sci. (Geol.), Senior Researcher, svital@ukr.net,*
***Vasylenko A.*[3]**, *Cand. Sci. (Geol.), alla_vas@ukr.net,*
1 – "Ukrlithiummining" LLC, Kyiv, Ukraine,
2 – M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine,
3 – Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The current state and prospects of rare earth element (REE) mineralization in Ukraine are considered. It has a significant resource potential, concentrated within the Ukrainian Shield. Within its boundaries, two main provinces are distinguished: Western (Ingul-Volyn-Podillia) and Eastern (Azov). REE deposits and occurrences are of endogenous and exogenous (weathering crust, monazite placers) nature. It is shown that Ukraine possesses significant REE resources, which can become the basis for a strategic partnership with the EU and USA in supplying critical materials. The main challenges are substantiated – environmental, technological and geopolitical. The importance of using this resource for the post-war economic development of Ukraine is emphasized.

Вступ. Рідкісноземельні елементи (TRR. РЗЕ або REE – Rare Earth Elements) – це група хімічних елементів, яка об'єднує 14 елементів-лантаноїдів – La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu і близькі до них за властивостями Sc та Y. Традиційно лантаноїди підрозділяють на дві підгрупи: церієву (Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu) та ітрієву (Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu). У геохімії прийнято Sc розглядати окремо від рідкісноземельних елементів. Відомо близько 100 рідкісноземельних мінералів, але як сировина для одержання рідкісноземельних елементів практичне значення мають значно менше – близько 10, які відносяться до фосфатів, карбонатів, оксидів, силікатів та ін.

На сьогодні REE застосовуються в техніці як легуючі добавки в різних сталях і сплавах, в електронних приладах, магнітних матеріалах і запалювальних сумішах, як каталізатори, акумулятори водню, в ядерній техніці. Вони є незамінними у виробництві електромобілів, вітрових турбін, засобів зв'язку, смартфонів та військової техніки. Лантаноїди церієвої підгрупи відіграють ключову роль у виробництві автомобільних акумуляторів, нікель-гідридних батарей, оптичного скла та надпотужних магнітів, тоді як ітрієві лантаніди використовуються в оптоелектроніці, ядерній техніці, виробництві надпровідної та інженерної кераміки. Всього відомо більше 100 галузей використання РЗЕ. У зв'язку з цим відмічається постійне зростання попиту на них, в першу чергу в країнах з технологічно розвиненою економікою. В той же час, світовий ринок REE має виражений геополітичний вимір, оскільки понад 80% поставок концентратів, сплавів та готової продукції контролюється Китаєм, який здійснює жорсткий контроль експорту.

Україна володіє значним ресурсним потенціалом REE і є одним із потенційних постачальників цієї критичної сировини. Тому для вітчизняної економіки це набуває особливого значення в контексті повоєнного відновлення та перспектив стратегічного партнерства зі США і країнами ЄС, які прагнуть диверсифікувати джерела постачання та зменшити залежність від Китаю.

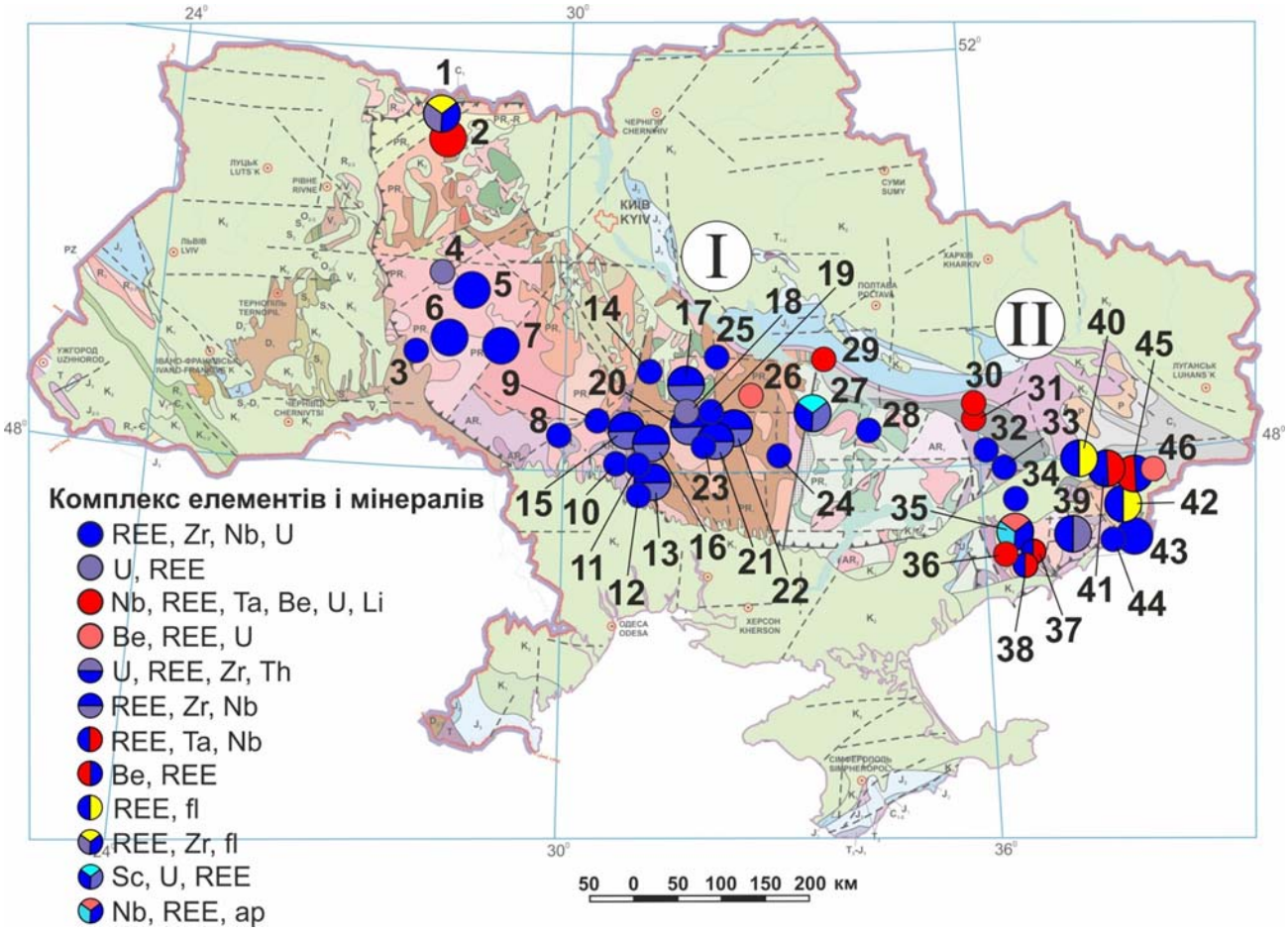


Рис. 1. Родовища і рудопрояви рідкісноземельних елементів в межах Західної (I) і Східної (II) металогенічних провінцій (використані матеріали [2]):

1 – Яструбецьке, 2 – Пержанське, 3 – Ровський, 4 – Ріжківський, 5 – Сабарівське, 6 – Майдан-Голосківське, 7 – Миколаївське, 8 – Хащуватський, 9 – Голованівський, 10 – Первомайський, 11 – Балка Корабельна, 12 – Костянтинівський, 13 – Південне, 14 – Михайлівський, 15 – Лозуватське, 16 – Калинівське, 17 – Новокостянтинівське, 18 – Улянівський, 19 – Осикуватський, 20 – Докучаївське, 21 – Северинівське, 22 – Лелеківське, 23 – Трудолюбівський, 24 – Гурівський, 25 – Тимошівський, 26 – Знамянський, 27 – Жовті Води, 28 – Котлярівський, 29 – Комендантівський, 30 – Малотерсянський, 31 – Новопавлоградський, 32 – Чаплинський, 33 – Олексіївський, 34 – Малинівський, 35 – Новополтавське, 36 – Бегим-Чокракський, 37 – Андріївський, 38 – Єлисеївський, 39 – Азовське, 40 – Анадольське, 41 – Мазурівське, 42 – Петрово-Гнутівське, 43 – Харчовик, 44 – Павлопіль, 45 – Покрово-Кириївське, 46 – Кумачівський.

Мінерально-сировинна база України (МСБ). Практично всі відомі на сьогодні рудні об’єкти зосередженні у межах Українського щита (УЩ), який станом на початок 2000-их років розглядався як найбільша рідкісноземельна металогенічна провінція Європи [1]. Усі відомі на УЩ рідкісноземельні об'єкти, як і у всьому світі, є комплексними, часто супроводжуючись цирконієм, танталом, ніобієм, ураном і торієм. Це робить економічно доцільним їх вилучення за умови видобування основної корисної копалини. Найбільший інтерес викликають ті родовища, де присутні висококонцентровані мінерали-носії REE – монацит, бастнезит, ксенотим, ортит, бритоліт, пірохлор тощо.

Рідкісноземельні об’єкти поділяються на два типи – ендогенні (в корінних рудах) та екзогенні (в корах вивітрювання та розсипах).

Мінералізація в корінних породах пов’язана з такими породами:

• граніти, сієніти і пегматити;

• калієві та натрієві метасоматии;

• лужні сієніти;

• карбонатити.

З точки зору розробки, екзогенні родовища є більш привабливими. Однак, ендогенні родовища, як правило, є більшими за запасами і, відповідно, перспективнішими для масштабної, довготривалої розробки, попри складніші технологічні процеси видобування і переробки руди з кристалічних порід [6].

На УЩ виділяються дві головні металогенічні провінції за концентрацією родовищ та рудопроявів REE, які нами за географічним принципом названі Західна та Східна. Західна включає об’єкти Криворізької шовної зони, Інгульського мегаблоку, Подільського геоблоку та північної частини Волинського мегаблоку. Цю провінцію за геолого-тектонічним принципом можна також називати Інгуло-Волино-Подільською. Об’єкти Східної (Азовської) провінції – зосереджені в основному у Приазовському мегаблоці.

Західна металогенічна провінція. Ендогенні рудопрояви пов’язані з аплітпегматоїдними гранітами Подільського блоку; гранітами, лужними сієнітами і метасоматитами Волинського, гранітоїдами Середньопридніпровського і польовошпатовими метасоматитами Інгульського мегаблоків. У Подільському геоблоці об’єкти мають радіактивно-рідкісноземельний геохімічного профіль; розташовані у вигляді двох смуг вздовж Подільсько-Дністровського і Хмільницького розломів. У Волинському мегаблоці, у межах Сущано-Пержанської тектонічної зони розташоване Яструбецьке родовище. Після його довивчення воно може стати першим промисловим об'єктом для отримання важких лантаноїдів в Україні [2].

Екзогенні об’єкти рідкісноземельної мінералізації пов’язані з каолінітовими зонами кори вивітрювання кристалічних порід, збагачених монацитом та іншими мінералами рідкісних земель. Результати дослідження останніх десятиріч свідчать, що значна частина REE в корі вивітрювання концентрується не у вигляді мінералів, а перебуває у йонно-адсорбційній формі. На сьогодні такі об’єкти поширені, головним чином, у Подільському геоблоці, а також поширені в інших районах. Відомі також монацитвміщуючі розсипи Волино-Поділля.

Східна металогенічна провінція за ресурсним потенціалом є багатшою у порівнянні із Західною. Знаходиться вона у межах Приазовського мегаблоку УЩ [5] з певною концентрацією рудних об’єктів в його південно-східній частині. На її території зосереджені переважно поклади ендогенної природи [2], які пов'язані з порівняно значним поширенням сублужних і лужних магматичних порід у Східному Приазов’ї. Практично всі об’єкти знаходяться на тимчасово окупованій території або у зоні активних бойових дій.

Ендогенна мінералізація пов’язана з:

- гранітами, сієнітами і пегматитами (уран-рідкісноземельна мінералізація); Успенівський рудопрояв;
- лужними сієнітами (Ітрій-рідкісноземельно-цирконієва мінералізація); Азовське цирконій-рідкісноземельне родовище;
- карбонатитами (апатит- рідкісноземельно-ніобієва рідкісноземельно-ніобієвим); Новополтавське родовище.

Окремої уваги заслуговує Анадольське родовище. Воно було відкрито під час проведення глибокого геологічного картування масштабу 1: 50 000. У 2019 р. спеціальний дозвіл на користування надрами отримало ТОВ “РМ МАЙНІНГЗ”. До початку повномасштабної агресії росії проти України компанією виконано певний обсяг робіт, в т. ч. буріння 10 свердловин, в результаті чого підтверджений високий вміст РЗЕ

та доведена економічна ефективність розробки родовища. Зруденіння за морфологією належить до жильно-прожилкового типу, за складом є флюорит-апатит-ортитовим. REE представлені легкими лантаноїдами – (Ce, La, Pr, Nd), які на 87% містяться в аланіті (ортиті).

Екзогенна рудна мінералізація представлена переважно розсипами, які поділяються на два генетичних типи: розсипи ближнього зносу (алювіальні і елювіальні) та прибережно-морські. Останні за мінеральним складом є комплексними монацит-цирконільменітовими. За вмістом рудних мінералів (300–1500 г/м³), в тому числі монациту, вони переважають розсипи Західної провінції (100–1000 г/м³), однак поступаються за розміром і, відповідно, запасами. Більшість із них були оперативно розвідані та майже повністю відпрацьовані. У Східній провінції також є об'єкти у корі вивітрювання. Наприклад, над Азовським родовищем корінних руд до 30 % рідкісноземельних металів від їх загального обсягу знаходиться в кислоторозчинній, йонно-абсорбційній формі і може порівняно легко вилучатися недорогими гідрохімічними методами.

На сьогоднішній день, на обліку Держбалансу України перебувають Яструбецьке фтор-рідкісноземельно-цирконієве, Новополтавське тантал-ніобій-апатит-рідкісноземельне і суттєво рідкісноземельне Анадольське родовища [3]. Решта об'єктів, які фігурують як родовища з оціненими запасами категорії C_2, не залучені до Держбалансу (запаси не апробовувались і не затверджувались ДКЗ) та досі не забезпечені відповідним рівнем геологічних досліджень, які б підтвердили економічну доцільність їх розробки. Необхідно зазначити, що у даній роботі ми не розглядаємо скандій. Запаси скандію обліковуються Державним балансом запасів корисних копалин України по 13 комплексних родовищах (переважно, розсипні Ti-Zr), з яких шість – розробляються [3].

Переважна більшість перспективних об'єктів (з оцінкою ресурсів) була виявлена під час проведення різних видів геологорозвідувальних робіт масштабу 1:50 000. Прогнозні та перспективні ресурси розглядались Науковою радою з прогнозування твердих корисних копалин при Державній геологічній службі. В результаті було взято на облік 15 об'єктів, які оцінені за прогнозними та перспективними ресурсами. У Східній металогенічній провінції всі оцінені об'єкти відносяться до ендогенних, а у Західній – до екзогенних. Всього обсяги перспективних ресурсів категорії P_2 ΣREE_2O_3 становлять: 258,734 тис. т; прогнозних ресурсів категорії P_3 ΣREE_2O_3 – 251,433 тис. т.

В Україні жодне родовище REE не розробляється (за виключенням дрібних розсипів Приазов'я, коли їх розвідка на початку 50-х років XX ст. поєднувалась з експлуатацією). Гірничодобувні роботи у Східній провінції фактично стали неможливими після 2014 р. у зв'язку з агресією росії проти України. Але й до того часу питання розробки родовищ було проблематичним. На нашу думку це пояснюється такими двома головними причинами.

Українські родовища, як правило, мають комплексний мінеральний склад та невисоку концентрацію REE в загальній масі руди (0,2–1,5 % REE_2O_3), що ускладнює їх ефективне вилучення за допомогою традиційних методів. В таких родовищах, як Азовське, Мазурівське основним рудним мінералом РЗЕ є бритоліт (силікат), який за своїми фізико-технологічними властивостями і вмісту значно поступається монациту. Як результат – низькі показники технологічних тестів. Найбільш економічно вигідною є розробка екзогенних руд, зокрема іонно-абсорбційних руд у корі вивітрювання, де рідкісноземельні елементи порівняно легко вилучаються за допомогою гідрометалургійних методів. Також перспективними для розробки є кори вивітрювання, де рідкісноземельна мінералізація має залишковий генезис, а мінерали представлені монацитом, цирконом тощо.

Друга причина – радіоактивність рідкісноземельних руд. Головні рудні мінералиносії REE (монацит, пірохлор, ксенотим) зазвичай містять домішки торію та урану. Це, звісно накладає свої труднощі при їх розробці через вимоги безпечного поводження

з радіоактивними речовинами, залучення відповідних технологій тощо. Крім того, необхідно доопрацювання національного законодавства для узгодження його зі стандартами ЄС.

Висновки. Україна володіє стратегічно важливим мінерально-сировинним потенціалом рідкісноземельних елементів. За оцінками Міненерго та Мінагрополітики (які наразі разом з Мінекології об'єднані в одне міністерство), потенціал інвестицій у розвідку та видобуток REE до 2033 року становить понад 12–15 млрд доларів США. Окрім вже відомих родовищ та рудопроявів виявлено велику кількість перспективних об'єктів і ділянок – переважно у корах вивітрювання. По них підраховано ресурси цирконію, інших елементів – за результатами напівкількісного спектрального аналізу, а рідкісноземельні елементи (за виключенням Sc, La, Ce, Y, Yb) не визначались взагалі. Також при пошукових і розвідувальних роботах на каолін практично не зверталась увага на вміст рідкісноземельних елементів. На вже відомих родовищах каоліну власники не були зацікавлені у додаткових дослідженнях.

Основними викликами для освоєння відомих родовищ і рудопроявів є технологічна складність переробки, наявність радіоактивних компонентів у рудах та вплив військових дій, що обмежують доступ до значної частини ресурсів. Для виявлення нових об'єктів необхідно відновити регіональні та пошукові геологорозвідувальні роботи, провести оновлення лабораторної бази. Водночас, перспективи освоєння REE в Україні значною мірою залежать від міжнародної підтримки та інтеграції в міжнародні ринки. Підписані угоди з США та інтеграція в ЄС створюють сприятливе середовище для запуску спільних геологорозвідувальних та гірничодобувних проєктів. Вдосконалення законодавства, розвиток державно-приватного партнерства та залучення міжнародного досвіду у сфері рідкісних земель здатні перетворити Україну на одного з важливих постачальників стратегічної сировини для США та Європи. Зародження і розвиток нової для України галузі може суттєво вплинути на активну повоєнну відбудову держави завдяки створенню робочих місць, формуванню промислової інфраструктури, стимуляції регіонального розвитку та збільшенню експортної складової національної економіки.

Список використаних джерел:

1. Гурський Д. С., Єсипчук К. Ю., Калінін В. І., Куліш Є. О., Нечаєв С.В., Третяков Ю.І. Шумлянський В. О. Металічні і неметалічні корисні копалини: в 2 т. За ред. М. П. Щербака та О. Б. Боброва. Київ-Львів: Центр Європи. 2006. 785 с.
2. Лепігов Г.Д., Василенко А.П. Деякі зауваження до питання рудоносності Яструбецького сієнітового масиву (Український щит)//Мінеральні ресурси України. 2007. №1. С.33-35.
3. Мінеральні ресурси України. Щорічник. Київ. ДНВП «Геоінформ України». 2020. 270 с.
4. Шеремет Е.М., Стрекозов С.Н., Кривдик С.Г., Волкова Т.П., Исаев В.А. Прогнозирование рудопроявлений редких элементов Украинского щита. Донецк: Вебер, 2007. 220 с.
5. Шеремет Е.М., Кривдик С.Г., Стрекозов С.Н. Перспективы обнаружения месторождений редкоземельного оруденения нового типа в Приазовье Украинского щита. — Харьков: ФЛП Мезина В.В. 2017. — 244 с.
6. Mykhailov V., Malyuk B., Bovsunivskyi P., Kovalenko N., Bertrand G., Oliveira D., Wittenberg A., Wellmer F.-W., Horwath Z., Hollis J. Strategic Minerals of Ukraine and their Investment Attractiveness. Kyiv – Orléans: BRGM-Orleans, France, 2023. 407 p.

УБК 553.04

КРИТИЧНІ ТА СТРАТЕГІЧНІ КОРИСНІ КОПАЛИНИ УКРАЇНИ: ВИКЛИКИ ГЛОБАЛЬНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПЕРЕХОДУ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТУВАННЯ

Данилишин В.І.*[1]*, *dvi1104@ukr.net,*
Лопушанська М.Р.*[2]*, *доктор філософії, mariialopushanska@gmail.com,*
Коваль М.О.*[1]*, *mari4ka_koval@ukr.net,* ***Роїк О.Б.*[1]*,*** *olia.roik@gmail.com,*
1 – Відокремлений структурний підрозділ «Техніко-економічний фаховий коледж Національного університету «Львівська політехніка», Львів, Україна,
2 – Асоціація професіоналів довкілля «PAEW», Львів, Україна

У статті розглянуто роль критичних та стратегічних корисних копалин у контексті глобального енергетичного переходу та перспектив інвестування в Україні. Проаналізовано сучасні тенденції світового ринку, визначено ключові позиції України за запасами літію, графіту, титану та урану. Представлено таблицю з оцінкою ресурсного потенціалу країни. Визначено основні виклики розвитку галузі, серед яких воєнні ризики, недосконаліть законодавчої бази, обмеженість інвестиційних ресурсів та екологічні наслідки. Обґрунтовано необхідність гармонізації нормативно-правових актів з вимогами ЄС, створення сприятливого інвестиційного клімату та розвитку переробки критичної сировини. Зроблено висновок, що Україна має реальні перспективи стати стратегічним партнером на світовому ринку критичних корисних копалин, що забезпечить її економічну та енергетичну безпеку у найближчі десятиліття.

Ключові слова: критичні корисні копалини, інвестиції, енергетичний перехід, Україна, стратегічні ресурси, надрокористування.

CRITICAL AND STRATEGIC RESOURCES OF UKRAINE: CHALLENGES OF THE GLOBAL ENERGY TRANSITION AND INVESTMENT PROSPECTS

Danylyshyn V.*[1]*, *dvi1104@ukr.net,*
Lopushanska M.*[2]*, *PhD, mariialopushanska@gmail.com,* ***Koval M.*[1]*,*** *mari4ka_koval@ukr.net,*
Roik O.*[1]*, *olia.roik@gmail.com,*
1 – Separate structural unit "Technical and Economic Vocational College of the National University "Lviv Polytechnic", Lviv, Ukraine,
2 - Association of Environmental Professionals "PAEW", Lviv, Ukraine

The paper examines the role of critical and strategic raw materials in the context of the global energy transition and investment prospects in Ukraine. Current trends of the world market are analyzed, and Ukraine's key positions in lithium, graphite, titanium, and uranium reserves are identified. A table assessing the national resource potential is presented. The main challenges of the sector's development are outlined, including war-related risks, imperfect legislation, limited investment resources, and environmental impacts. The necessity of harmonizing the regulatory framework with EU requirements, creating a favorable investment climate, and developing domestic processing of critical raw materials is substantiated. It is concluded that Ukraine has real prospects to become a strategic partner in the global critical raw materials market, which will strengthen its economic and energy security in the coming decades.

Keywords: critical raw materials, investment, energy transition, Ukraine, strategic resources, subsoil use.

У сучасних умовах глобального енергетичного переходу, цифровізації та розвитку «зеленої» економіки роль критичних та стратегічних корисних копалин суттєво зростає. Нікель, кобальт, літій, графіт, рідкоземельні елементи та інші ресурси стають ключовими для виробництва акумуляторів, відновлюваної енергетики, електротранспорту, мікроелектроніки в тому числі для військової галузі, що надзвичайно актуально в умовах воєнного стану. Для України, яка володіє значними запасами цих ресурсів, актуальним завданням є формування стратегії сталого надрокористування його збереження та створення привабливого інвестиційного середовища. В контексті відбудови України після війни та пошуку зовнішніх інвестицій – корисні копалини є одним з ключових секторів, який може стати драйвером економічного зростання та інтеграції у світові ланцюги цінностей.

Світовий попит на стратегічні корисні копалини зростає щороку на 6–10 %, що зумовлено:

– переходом провідних економік до декарбонізації;
– збільшенням обсягів виробництва електромобілів;
– розвитком відновлюваних джерел енергії;
– геополітичними ризиками та зростаючою залежністю від окремих постачальників.

За оцінками Європейського союзу, до 2030 року потреба у літії збільшиться у 12 разів, а у графіті – у 8 разів. Це створює унікальні можливості для України, де зосереджено перспективні родовища цих копалин (рис. 1).

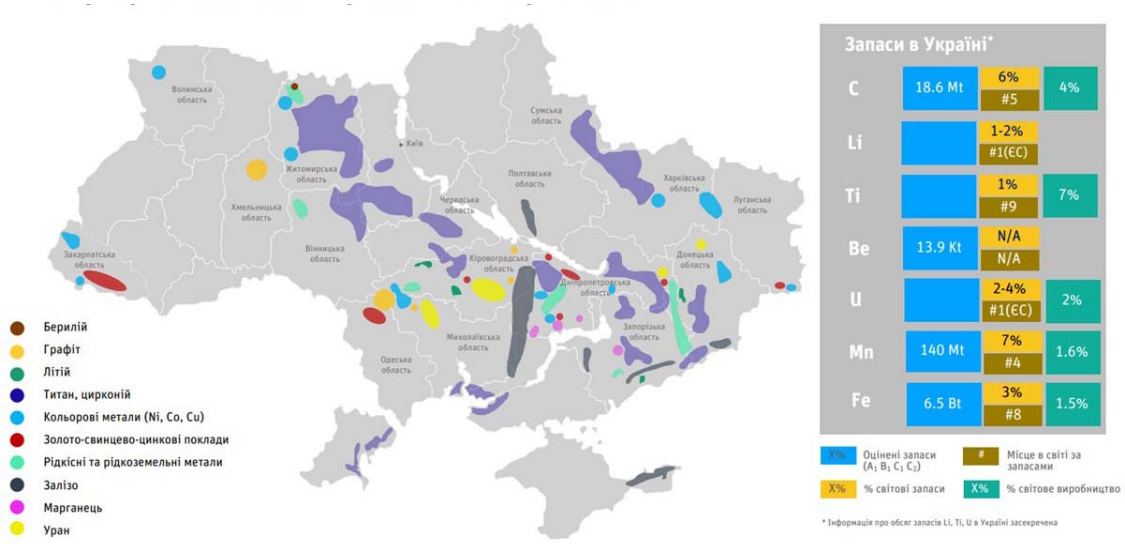


Рис. 1. Географія покладів критичної сировини в Україні

Україна входить до десятки країн світу за прогнозними запасами літію та має значні ресурси титану, урану, марганцю, графіту, цирконію. Окремі родовища (Кіровоградська та Дніпропетровська області) можуть стати базою для формування власного кластера акумуляторної промисловості.

Таблиця 1. Ресурси стратегічних корисних копалин України

Корисна копалина	Прогнозні ресурси	Глобальне значення	Сфери використання
Літій	> 500 тис. т	топ-10 у світі	акумулятори, електротранспорт
Графіт	> 20 млн т	топ-5 у світі	електроди, батареї, металургія
Титан	> 12 % світових запасів	стратегічна сировина	авіація, космос, військова техніка
Уран	> 200 тис. т	входить до 10-ки	ядерна енергетика

Надані в публікаціях оцінки вказують, що Україна має:

- значні прогнозні запаси літію (в окремих оцінках – порядку сотень тисяч тонн літієвого еквіваленту), з перспективними родовищами в центральних областях (Кіровоградська, Дніпропетровська) [1];
- великі поклади природного графіту, який є критичним для електродів і деяких типів акумуляторів; Україна часто згадується серед країн з конкурентним графітовим потенціалом [2];
- стратегічні запаси титанових руд і промислових металів (титан важливий для оборонної та авіаційної промисловості) [3].

Відповідно до Кодексу України про надра, до переліку корисних копалин і компонентів критичного значення Кабінетом Міністрів України відносяться такі корисні копалини:

– металічні руди та неметалічні корисні копалини загальнодержавного значення (їх корисні компоненти), віднесені Кабінетом Міністрів України до переліку корисних копалин і компонентів стратегічного значення;

– інші металічні руди та неметалічні корисні копалини загальнодержавного значення (їх корисні компоненти), які мають важливе значення як мінеральна сировина та/або перероблена продукція з такої мінеральної сировини для вітчизняних наявних чи перспективних промислових виробництв, що забезпечують сталий розвиток економіки й обороноздатність держави, щодо яких як мінеральної сировини та/або переробленої продукції з такої сировини не існує заміни (на сучасному рівні розвитку технологій) та при цьому існує високий ризик перебоїв у постачанні такої мінеральної сировини та/або переробленої продукції з такої мінеральної сировини в Україну.

Стратегічні корисні копалини – це корисні копалини загальнодержавного значення, що забезпечують економічну безпеку держави, стабільність розвитку національної економіки у довгостроковій перспективі, а також безпечні умови проживання населення [4]. Нині стратегічними корисними копалинами для економіки України є: природний газ, нафта, вугілля, уран, золото, залізо, марганець, хром, титан, молібден, мідь, нікель, кобальт, свинець, цинк, благородні, рідкісні (берилій, літій, тантал, цирконій та ін.), рідкісноземельні метали, сировина для металургії, гірничо-хімічна, агрохімічна та будівельна сировина, графіт, природно захищені питні та мінеральні води.

Критична корисна копалина – це різновид стратегічної сировини, яка в державі або взагалі не видобувається, або видобувається у незначних обсягах, проте є необхідною для промисловості в значній кількості. Вона характеризується високим ризиком обмеження імпорту, що може спричинити зупинку окремих виробничих процесів. Статус «критичності» має динамічний характер і визначається змінами в економічному розвитку країни, рівнем технологічного прогресу у промисловості та наявністю державних запасів відповідної сировини.

Вартість корисних копалин України за оцінкою видання Forbes (рис. 2) становить 14,8 трлн дол. США. При цьому понад 70 % загальної суми припадають лише на три області – Донецьку, Дніпропетровську та Луганську. У загальній вартості корисних копалин 62 % забезпечує кам‘яне вугілля, 14 % – залізна руда, кожен з інших активів – менше 5 %. Загальний обсяг корисних копалин – 111 млрд т [5].



Рис. 2. Вартість корисних копалин у регіонах України

Попри значний потенціал галузь стикається з низкою проблем:

– воєнні ризики та геополітична нестабільність;

– недосконала законодавча база та тривалі дозвільні процедури;
– обмеженість внутрішніх інвестиційних ресурсів;
– екологічні та соціальні наслідки видобутку.

Однією з проблем є нестача інвестицій: видобуток критичних мінералів часто потребує значних капіталовкладень, технологій, інфраструктури. Багато українських родовищ ще недостатньо досліджені чи недоступні для інвесторів через регуляторні або логістичні бар'єри. Також потрібно пам'ятати за екологічні та соціальні ризики: видобуток мінералів має потенційний вплив на довкілля, водні ресурси, здоров'я населення. Необхідні стандарти екологічної відповідальності та чіткі правила. Надзвичайно важливими є геополітичні ризики і залежності: конкуренція між країнами, обмеження експорту з боку великих виробників, порушення ланцюгів поставок, санкції. Україна має шанс, але і ризик бути використаною як ресурсна база без розвитку внутрішньої промислової складової.

Україна має реальні шанси стати стратегічним партнером ЄС та США у сфері постачання критичної сировини. Для цього необхідно:

1. Гармонізувати українське законодавство з нормами ЄС (EU Critical Raw Materials Act).
2. Створити «Карти інвестиційних можливостей» для кожного виду критичних та стратегічних корисних копалин.
3. Запровадити стимули для міжнародних інвесторів: податкові пільги, державно-приватне партнерство.
4. Розвивати переробку та локалізоване виробництво — від видобутку до кінцевої продукції.
5. Формувати імідж України як надійного постачальника «зеленої» сировини.

Висновки. Україна володіє значним потенціалом критичних та стратегічних корисних копалин (літій, графіт, титан, уран тощо), що дозволяє їй претендувати на роль одного з ключових постачальників у глобальних ланцюгах «зеленої» енергетики та високотехнологічного виробництва. Глобальний енергетичний перехід зумовлює стале зростання попиту на критичні мінерали, і Україна може використати цей тренд для інтеграції у світовий ринок, зміцнюючи власну економічну та енергетичну безпеку. Основними викликами для України залишаються воєнні ризики, недосконаліть законодавства, тривалі дозвільні процедури, недостатній рівень інвестицій та екологічні загрози. Подолання цих бар'єрів є необхідною умовою реалізації потенціалу галузі. Формування прозорого та передбачуваного інвестиційного середовища має стати пріоритетом державної політики. Важливими кроками є гармонізація законодавства з ЄС, запровадження стимулів для інвесторів та розвиток державно-приватного партнерства. Україна повинна орієнтуватися не лише на видобуток, а й на розвиток внутрішньої переробки сировини, створюючи додану вартість усередині країни та розвиваючи інноваційні технології.

Список використаних джерел:

1. Lozhnikov O., Pavlychenko A., Shustov O., Dereviahina N. Prospects for the lithium deposits development in Ukraine. (E3S/ResearchGate, 2024) — науково-аналітична стаття з оцінками літієвого потенціалу України.
2. European Parliament / EPRS. The future of rare earths mining in Ukraine (аналітичний документ ЄП, 2025).
3. European Commission. Critical Raw Materials Act (альтернативні матеріали щодо політики ЄС стосовно критичних матеріалів).
4. Литвинюк С.Ф., Бурлуцький М.С. Огляд підходів до визначення та формування переліків стратегічних і критичних корисних копалин в Україні, Мінеральні ресурси України, 2025, № 2, с. 22-27
5. Мир в обмін на природні ресурси: вартість корисних копалин України досягає майже 15 трильйонів доларів. URL: https://enovosty.com/uk/newsukr/news-finance-ukr/full/vartist-korisnix-kopalin-ukraini-dosyagaye-majzhe-15-triljoniv-chi-mozhlivij-mir-v-v-obmin-na-prirodni-resursi

УДК 553

ОЦІНКА СТРАТЕГІЧНИХ ПРОЄКТІВ ЄВРОПЕЙСЬКОЮ КОМІСІЄЮ: ПРИНЦИПИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ

Десятнюк Л.О., *asc@dkz.gov.ua;* ***Паюк С.О.,*** *golova@dkz.gov.ua;*
Державна комісія України по запасах корисних копалин, Київ, Україна

Висвітлені процеси проведення незалежної оцінки Європейською Комісією та встановлення відповідності проєктів з видобутку, обробки, переробки чи заміщення сировини критеріям для стратегічних проєктів відповідно до Закону Європейського Союзу про критичну сировину. Проаналізовані результати проведеного оцінювання та окреслені переваги визнання подібних проєктів Європейською Комісією як стратегічних.

ASSESSMENT OF STRATEGIC PROJECTS BY THE EUROPEAN COMMISSION: PRINCIPLES AND OUTCOMES

Desiatniuk L., *asc@dkz.gov.ua;* ***Paiuk S.,*** *golova@dkz.gov.ua;*
State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine

The procedures for conducting an independent assessment by the European Commission and establishing the compliance of raw materials extraction, processing, recycling or substitution projects with the criteria for strategic projects in accordance with the European Union Critical Raw Materials Act have been highlighted. The assessment results have been analyzed, and the benefits for such projects to be recognized by the European Commission as the strategic ones have been outlined.

Під час пандемії COVID-19 перед світом постали нові виклики щодо забезпечення стійкості і стабільності ланцюжків постачання, які лише посилились після повномасштабного вторгнення російської федерації на територію України. Європейський Союз (ЄС) зіштовхнувся з нагальною потребою у безпечних, диверсифікованих, доступних та стійких джерелах постачання критичної сировини, яка відіграє стратегічно важливу роль у таких секторах, як промисловість з нульовими викидами, цифрова, аерокосмічна та оборонна промисловість. Стратегічні проєкти є одним із ключових інструментів, визначених новим Законом про критичну сировину (CRMA), який сприятиме досягненню цієї мети. Визнання проєкту Європейською Комісією (ЄК) як стратегічного має ряд переваг, зокрема спрощені та передбачувані процедури отримання дозволів і підтримка в отриманні доступу до фінансування.

Відповідно до CRMA стратегічні проєкти повинні сприяти досягненню наступних показників [1]:

1) до 2030 року видобувні потужності ЄС повинні видобувати руди, мінерали або концентрати, необхідні для виробництва щонайменше 10 % річного споживання стратегічної сировини в ЄС, наскільки це можливо з огляду на запаси ЄС;

2) обробні потужності ЄС, включаючи всі проміжні етапи обробки, повинні виробляти щонайменше 40 % річного споживання стратегічної сировини в ЄС;

3) переробні потужності ЄС, включаючи всі проміжні етапи переробки, повинні виробляти щонайменше 25 % річного споживання стратегічної сировини в ЄС і переробляти значно більші обсяги кожного виду стратегічної сировини з відходів;

4) імпорт стратегічної сировини в ЄС повинен бути диверсифікований з метою забезпечення того, щоб до 2030 року річне споживання ЄС кожного виду стратегічної сировини на будь-якому відповідному етапі переробки могло покладатися на імпорт з декількох третіх країн або із заморських країн і територій (ЗКТ) і щоб жодна третя країна не забезпечувала більше ніж 65 % річного споживання ЄС такої стратегічної сировини.

CRMA набрав чинності 23 травня 2024 року. Того ж дня ЄК опублікувала запрошення до подання пропозицій щодо визнання проєктів стратегічними. Заявки, які відповідали усім критеріям, визначеним у відповідних інструкціях [2], були оцінені Європейською Комісією за підтримки зовнішніх експертів з метою перевірки відповідності проєктів критеріям CRMA. На основі цієї оцінки Комісія склала перелік проєктів з видобутку, обробки, переробки або заміщення стратегічної сировини.

Оскільки CRMA на основі уже існуючого списку критичної сировини ЄС, до якого входять 34 корисні копалини, визначає 17, які мають стратегічне значення для економіки ЄС, то проект, перш за все, має бути пов'язаний з видобутком, обробкою, переробкою або заміщенням хоча б однієї з наступних корисних копалин (рис. 1).

Стибій (сурма)	**Мідь**	**Літій**	Скандій
Арсен (миш'як)	Польовий шпат	**Магній (метал)**	**Металічний кремній**
Боксити/Алюміній	Флюорит	**Марганець**	Стронцій
Барит	**Галій**	**Графіт**	Тантал
Берилій	**Германій**	**Нікель**	**Титан (метал)**
Вісмут	Гафній	Ніобій	**Вольфрам**
Бор	Гелій	Фосфорити	Ванадій
Кобальт	**Рідкоземельні елементи для постійних магнітів (Nd, Pr, Tb, Dy, Gd, Sm, Ce)**	Фосфор	
Коксівне вугілля		**Метали платинової групи**	

Рис. 1. Список критичної сировини ЄС [1]
(зеленим кольором виділені стратегічні корисні копалини)

Загалом було подано 170 заявок на визнання проєктів стратегічними (124 заявки із 17 країн-членів ЄС, 46 заявок з третіх країн, втому числі 2 з України), з них 77 стосувались видобутку корисних копалин, 58 – обробки, 30 – переробки, 5 заявок були пов'язані із заміщенням стратегічної сировини. На рис. 2 проілюстровано розподіл заявок за видами критичної сировини, синім кольором виділені проєкти в межах ЄС, а помаранчевим – поза його межами.



Рис. 2. Розподіл поданих проєктів за видом стратегічної сировини

З метою проведення незалежної і неупередженої оцінки відповідності поданих заявок критеріям для стратегічних проєктів відповідно до CRMA ЄК залучила 99 зовнішніх експертів, які мають значний досвід і необхідні знання у сфері розробки і управління сировинними проєктами. Кожна заявка оцінювалась щонайменше 4 експертами з питань техніко-економічного обґрунтування, фінансової зрілості, сталості (Environmental, Social, Governance (ESG)) та застосування Рамкової класифікації ресурсів Організації Об'єднаних Націй (РКООН). Проєкти з країн-членів ЄС оцінювались відповідно до 4 основних критеріїв: внесок у безпеку постачання, технічна здійсненність, сталість та транскордонні вигоди. Для проєктів з третіх країн замість оцінки транскордонних вигод використовувався інший критерій – взаємні переваги для ЄС

та третіх країн, які є ринками, що формуються, або країнами з економікою, що розвивається.

Під час оцінювання проєктів за критерієм, що стосується сприяння безпеці постачання, на основі наданих ініціатором проєкту документів (бізнес-плану та супровідної технічної інформації) експерти враховували те, наскільки проєкт сприяє досягненню цільових показників видобутку, обробки та переробки до 2030 року, викладених у статті 5(2), пункті (a) Закону про критичну сировину, для проєктів з третіх країн необхідно було визначити, чи сприяє проєкт досягненню цільового показника диверсифікації до 2030 року, визначеного у статті 5(2), пункті (b) Закону про критичну сировину, або чи сприяє він підтримці стійкості постачання стратегічної сировини до ЄС, а також чи існуюча законодавча база або інші умови забезпечують гарантії того, що торгівля та інвестиції, пов'язані з проєктом, не будуть викривлені, беручи до уваги, зокрема, чи уклав ЄС стратегічне партнерство або торговельну угоду, що містить розділ про сировину, з відповідною третьою країною [2].

Для встановлення відповідності проєкту критерію, що стосується технічної здійсненності, експерти повинні були оцінити якість проведеного техніко-економічного обґрунтування потенціалу розробки проєкту, а також те, чи була технологія, яку планується використовувати, продемонстрована у відповідному/аналогічному середовищі.

Сталість проєктів оцінювалась шляхом аналізу наявності інструментів/заходів для моніторингу, запобігання та мінімізації впливу на навколишнє середовище, соціально несприятливого впливу, а також використання ініціатором проєкту прозорих ділових практик з дотриманням адекватної політики для запобігання та мінімізації ризиків негативного впливу на належне функціонування державного управління, в тому числі корупції та хабарництва.

Для проєктів в ЄС важливо було визначити, чи матиме створення продукції, експлуатація або видобуток за проєктом транскордонні вигоди за межами відповідної країни-члена, де він розташований, в тому числі для вторинних секторів. Для проєктів з третіх країн, які є ринками, що формуються, або економіками, що розвиваються, необхідно було визначити, чи буде проєкт взаємовигідним для ЄС і третьої країни, яка його реалізує, шляхом створення доданої вартості і цій третій країні [2].

На основі вищенаведеної системи оцінювання авторами було проаналізовано 10 довільних проєктів, які знаходяться на території країн-членів ЄС, 5 з них стосувались видобутку літію різними способами (відкритим, підземним, змішаним, з розсолу), 2 проєкти по обробці літію, 2 проєкти з видобутку графіту та 1 проєкт з переробки ільменіту. Більшість поданих заявок знаходяться на етапі попереднього або остаточного техніко-економічного обґрунтування із запланованим виходом на проєктну потужність у 2027–2030 рр., проте були і проєкти, які вже перебувають на етапі будівництва. Розрахунковий термін експлуатації проєктів коливається у значних межах від 6 до 42 років залежно від кількості та якості наявних ресурсів і запасів корисних копалин, способу розробки родовища або обробки та доведення сировини до кондицій товарної продукції. За деякими проєктами планується видобувати не лише стратегічну сировину, а і певні види критичної сировини, наприклад, польовий шпат, тантал, тощо. У зв’язку з усіма вищевказаними факторами, а також залежно від наявності відповідної транспортної інфраструктури, електромереж та доступу до води, планів щодо рекламації земель після завершення видобутку, подані заявки значно різняться за діапазоном капітальних (від 30,5 млн євро до 1,4 млрд євро) та експлуатаційних витрат (від 5 млн євро на рік до 410 млн євро на рік). Вісім із цих проєктів були визнані ЄК стратегічними [3].

Загалом після проведення оцінки та консультацій із зовнішніми незалежними експертами із 170 поданих заявок стратегічними були визнані 47 проєктів з країн-членів ЄС та 13 проєктів з третіх країн, в тому числі один проєкт з України. Стратегічні проєкти розташовані в 13 державах-членах ЄС: Бельгії, Франції, Італії, Німеччині, Іспанії, Естонії, Чехії, Греції, Швеції, Фінляндії, Португалії, Польщі та Румунії. Вони охоплюють один або

кілька сегментів ланцюжка створення вартості сировини, причому 25 проєктів стосуються видобутку, 24 – обробки, 10 – переробки та 2 – заміщення сировини (рис. 3). Стратегічні проєкти охоплюють 14 із 17 видів стратегічної сировини, перелічених у Законі про критичну сировину. Сюди входять кілька проєктів, що стосуються літію (22 проєкти), нікелю (12 проєктів), кобальту (10 проєктів), марганцю (7 проєктів) та графіту (11 проєктів), які відіграватимуть особливо важливу роль у ланцюжку створення вартості сировини для акумуляторів в ЄС. Ці проєкти забезпечать виконання показників ЄС на 2030 рік щодо видобутку, обробки та переробки літію і кобальту, а також дозволять досягти значного прогресу у сфері використання графіту, нікелю та марганцю. Крім того, інші стратегічні проєкти, що стосуються магнію (1 проєкт) та вольфраму (3 проєкти), сприятимуть стійкості оборонної промисловості ЄС, яка залежить від використання цих матеріалів.

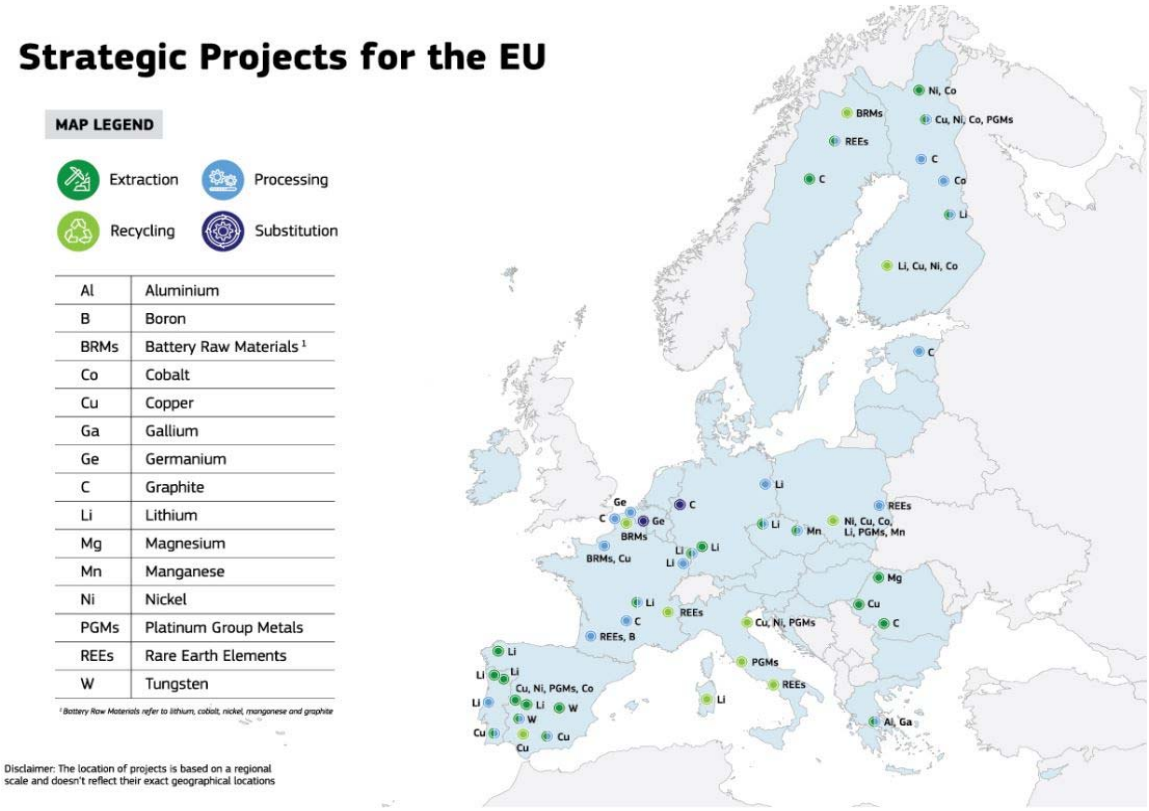


Рис. 3. Визнані стратегічні проєкти, розташовані у ЄС [4]

Серед 13 стратегічних проєктів із третіх країн сім розташовані в Канаді, Гренландії, Казахстані, Норвегії, Сербії, Україні та Замбії, з якими ЄС має стратегічне партнерство у сфері ланцюжків створення вартості сировини, а решта розташовані в Бразилії, Мадагаскарі, Малаві, Новій Каледонії, Південній Африці та Сполученому Королівстві (рис. 4). Десять із цих стратегічних проєктів стосуються стратегічної сировини, необхідної для виробництва електромобілів, акумуляторів та акумуляторних батарей, таких як літій, нікель, кобальт, марганець та графіт. Два стратегічні проєкти стосуються видобутку рідкоземельних елементів, які відіграють ключову роль у виробництві високопродуктивних магнітів, що використовуються у вітрових турбінах або електродвигунах для технологій відновлюваної енергетики та електромобільності. У поєднанні з трьома стратегічними проєктами в ЄС, що охоплюють переробку рідкоземельних елементів, ці додаткові стратегічні проєкти зможуть підвищити безпеку постачання цієї сировини до ЄС. Стратегічні проєкти також охоплюють мідь, що використовується у багатьох сферах, починаючи з електромереж і закінчуючи мікроелектронікою, вольфрам і бор, що використовуються в автомобільній промисловості, відновлюваній енергетиці, аерокосмічній та оборонній галузях.

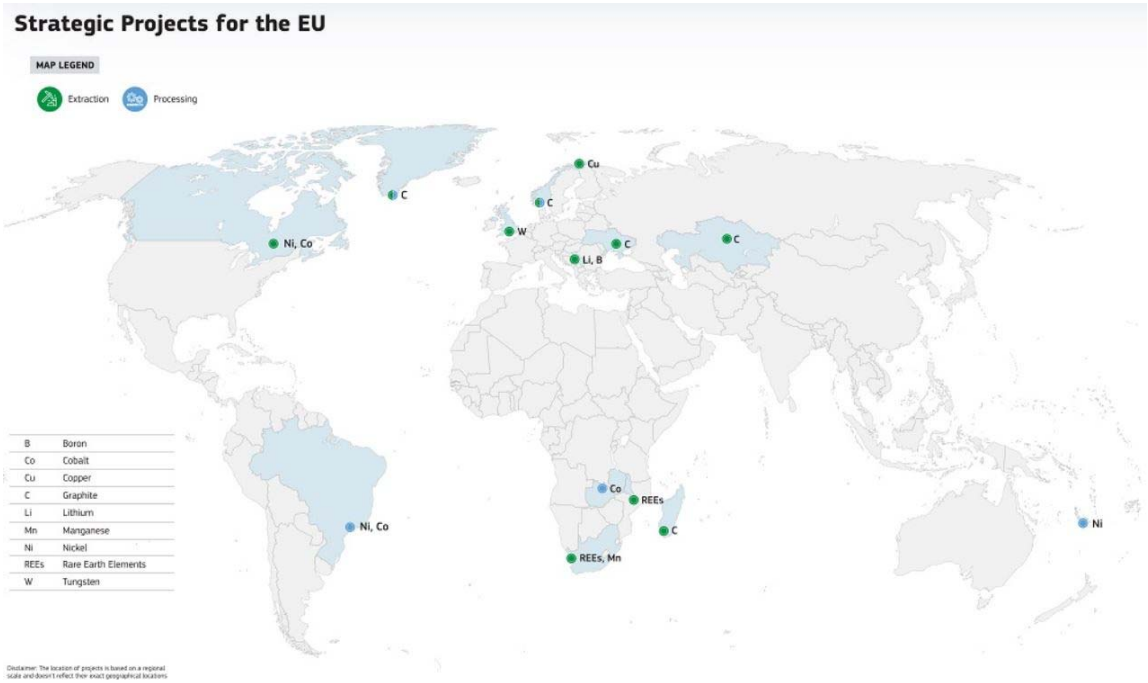


Рис. 4. Визнані стратегічні проєкти, розташовані у третіх країнах [5]

Для введення в експлуатацію 47 стратегічних проєктів в ЄС передбачається загальний обсяг капіталовкладень у розмірі 22,5 млрд євро. Вони зможуть скористатися спрощеними положеннями щодо видачі дозволів, що забезпечить передбачуваність для ініціаторів проєктів, одночасно гарантуючи дотримання ESG стандартів. Відповідно до CRMA, процес видачі дозволів не перевищуватиме 27 місяців для проєктів з видобутку та 15 місяців для інших проєктів. Наразі процеси видачі дозволів можуть тривати від п'яти до 10 років. За оцінками для початку реалізації 13 стратегічних проєктів за межами ЄС потрібно загалом 5,5 млрд євро капітальних інвестицій. ЄК також посилить співпрацю з відповідними третіми країнами, щоб забезпечити розробку цих проєктів, зокрема через стратегічні партнерства, які вже укладено з деякими з цих країн щодо ланцюжків створення вартості сировини. Всі обрані стратегічні проєкти отримають скоординовану підтримку від ЄК, держав-членів та фінансових установ у вигляді сприяння доступу до фінансування та контактів з відповідними покупцями [4, 5].

Список використаних джерел:

1. Regulation (EU) 2024/1252 of the European Parliament and of the Council of 11 April 2024 establishing a framework for ensuring a secure and sustainable supply of critical raw materials and amending Regulations (EU) No 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1724 and (EU) 2019/1020 [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L_202401252
2. European Commission: Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, *Guide for Applicants – Strategic Projects under the CRMA v1.0.*, Publications Office of the European Union, 2024. – 34 p.
3. European Commission: Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, *Strategic project factsheets*, Publications Office of the European Union, 2025 [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://op.europa.eu/en/search-results?p_p_id=eu_europa_publications_portlet_facet_search_result_FacetedSearchResultPortlet_INSTANCE_TTTP7nyqSt8X&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=localnav&p_p_col_pos=2&p_p_col_count=4&queryText=%22strategic%20project%22&facet.collection=EUPub&facet.documentFormat=PDF&facet.language=ENG&facet.documentYear=2025&facet.eurovoc.subject=1839&resultsPerPage=50&sortBy=RELEVANCE-DESC&SEARCH_TYPE=SIMPLE&
4. European Commission, Press Release dated March 25, 2025 [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_25_864
5. European Commission, Press Release dated June 4, 2025 [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_25_1419

УДК 553.543.226

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЛІТІЙВИДОБУВАННЯ В УКРАЇНІ

Сьомка В.О., *syomka1949@gmail.com;* ***Слободян Б.І.,*** *sbiv@ukr.net;*
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України, Київ, Україна

Описано динаміку світового ринку літію за останні 10 років: видобування, запаси і мінеральні ресурси, обсяги і галузі використання. Стан і останні зміни на глобальному ринку основних виробників літію. В контексті цих даних окреслено перспективи розвитку літійвидобування в Україні.

В Україні є розвідані родовища і прояви літієвої мінералізації промислових мінерально-генетичних типів. Полохівське родовище розвідано за міжнародним стандартом JORC CODE (2012). Наявна і потенційна мінерально-сировинна база літію є передумовою для сталого розвитку літійвидобування в Україні. Мінеральні ресурси оцінені за міжнародним стандартом JORC CODE, 2012 (Полохівське родовище) складають 1,257 млн тон (Mt) літій карбонат еквіваленту (LCE). Потенційні мінеральні ресурси ділянки Добра – 3,664, Mt LCE, Шевченківського родовища 0,353 Mt LCE. Разом в Україні – 5,274 Mt LCE. Придніпровський блок є високоперспективними об'єктом для планування, та проведення геологорозвідувальних робіт на рідкіснометалеві пегматити.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE LITHIUM MINING INDUSTRY IN UKRAINE

Semka V., *syomka1949@gmail.com;* ***Slobodian B.,*** *sbiv@ukr.net;*
M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The dynamics of the world lithium market over the past 10 years are described: production, reserves and mineral resources, volumes and areas of use. The state and recent changes in the global market of major lithium producers. In the context of these data, the prospects for the development of lithium mining in Ukraine are outlined.

In Ukraine, there are explored deposits and manifestations of lithium mineralization of industrial mineral-genetic types. The Polokhiv deposit was explored according to the international standard JORC CODE (2012). The existing and potential mineral and raw material base of lithium is a prerequisite for the sustainable development of lithium mining in Ukraine. Mineral resources are estimated according to the international standard JORC CODE, 2012 (Polokhiv deposit) at 1.257 million tons (Mt) of lithium carbonate equivalent (LCE). Potential mineral resources of the Dobra site are 3.664, Mt LCE, Shevchenkivske deposit 0.353 Mt LCE. Total in Ukraine – 5,274 Mt LCE. The Pridneprovsky block is a highly promising object for planning and conducting geological exploration work on rare-metal pegmatites.

Вступ. Останнім часом глобальний попит на літієву мінеральну сировину різко зріс, що обумовлено стратегічним значенням цього металу як екологічно безпечного, найбільш хімічно активного і раціонального. Попит на літій, що спостерігається в останні роки, особливо серед розвинутих економік, таких як США, Європейський Союз (ЄС) та Китай не є несподіваним, особливо враховуючи те, що корисні копалини досі залишаються основою їхнього економічного розвитку. До 2030 року ЄС потребуватиме в 18 разів більше літію ніж зараз, і в 60 разів більше до 2050 року, а сам літій віднесений до типу мінеральної сировини, що є критичною для сталого розвитку їх економік [2].

Отже, країни з розвіданими запасами літієвої сировини користуються ситуацією, що склалася, і розглядають літій в якості гарантії забезпечення свого сталого соціально-економічного зростання та розвитку. Одною з таких країн є Україна, яка нещодавно заявила про значні запаси літієвих руд, і що більш важливо, про також значні, але досі невизначені перспективи відкриття нових родовищ [2].

Об’єкти досліджень. Геологічні комплекси, родовища літію.

Методи та матеріали. Методологічна основа дослідження складається з наступного комплексу методів:

– теоретичні методи – формалізація, гіпотетичний та дедуктивний;

– емпіричні методи – спостереження, порівняння та опис;

– загально логічні методи – синтез, аналогія, моделювання.

Матеріалом для цього дослідження були результати геологорозвідувальних робіт Полохівського, Шевченківського родовищ та ділянки Добра а також відкриті публікації по

літієвій тематиці в Україні та світі. Зведення щодо мінеральних товарів Геологічної Служби США (MINERAL COMMODITY SUMMARIES, USGS) за 2014-2024 роки.

Терміни та визначення.

Ключовими термінами, розуміння яких суттєво відрізняється в Українській геологічній практиці від міжнародної є:

– Мінеральні ресурси (mineral resources);
– Запаси руди (ore reserves).

Те, що в Україні іменується **запасами руди**, і обліковується на Державному балансі родовищ корисних копалин України, за міжнародними вимогами і критеріями до запасів і мінеральних ресурсів є лише **мінеральний потенціал для розвідки**. Термін мінеральні ресурси в Україні використовується у словосполученні **прогнозні мінеральні ресурси.**

І, зазвичай, додається уточнення **категорії P_1, P_2, P_3** (що класифікує ступінь надійності прогнозу).

В міжнародній практиці **об'єктом видобутку є мінеральні ресурси** руди (в міжнародному розумінні терміну мінеральні ресурси), натомість в Україні **об'єктом видобутку є виключно запаси руди** (в нашому розумінні терміну запаси). В Україні прогнозні мінеральні ресурси відповідної категорії, за певних умов, є підставою виключно для планування подальшого геологічного вивчення.

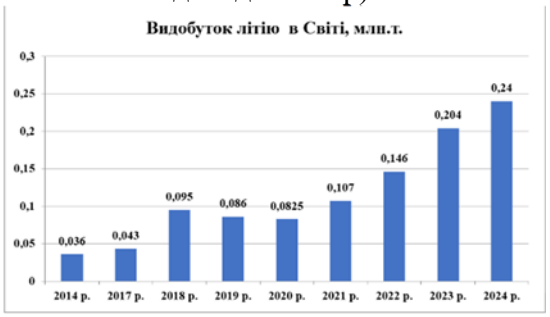
Результати досліджень.

Мінерально-сировинна база літію світу. Основними джерелами промислового видобутку літію у світі є**:**

1. **рідкіснометалеві пегматити** (~ 25 % розвіданих запасів і ~ 55 % видобутку). Провідні родовища в Австралії. Найбільше родовище Greenbushes – мінеральні ресурси і запаси 8,3 млн т LCE;

2. **літійвмісна ропа соляних відкладів і озер** (~ 75 % розвіданих запасів і ~ 45 % видобутку) Провідні родовища в Чилі, Аргентині та Болівії. Найбільше родовище Sonora – мінеральні ресурси і запаси 8,5 млн т LCE.

Стан видобутку літію в світі за 2014-2024 роках, за даними Геологічної Служби США(USGS) [2] наведено на рис. 1. За останні десять років видобуток літію в світі зріс в 6,6 рази, з 36 тис. т у 2014 році до 240 тис. т у 2024 році. Стан видобутку літію в світі, по країнам [6] за 2024 рік наведено на рис. 1. Провідними країнами виробниками літію (сумарна частка у світовому виробництві – 58 %) у 2024 році залишились Австралія (частка 37 %, видобуток – 88 тис. т, з пегматитів) і Чилі (частка 21 %, видобуток – 49 тис. т з соляних відкладів і озер).



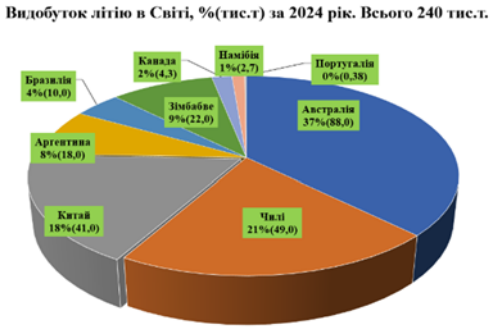


Рис. 1. Видобуток літію в світі за 2014-2024 рр. та по країнам за 2024 рік [6]

Подібними темпами відбувалось і нарощування мінерально-сировинної бази літію у світі. За 2014-2024 роки обсяг запасів літію збільшився в 2,2 рази, з 13,5 млн т у 2014 році до 30 млн т у 2024 році [6], рис. 2. За цей же період обсяг виміряних і вказаних мінеральних ресурсів літію збільшився в 2,9 рази, з 39,5 млн т у 2014 році до 115 млн т у 2024 році [6], рис. 2.

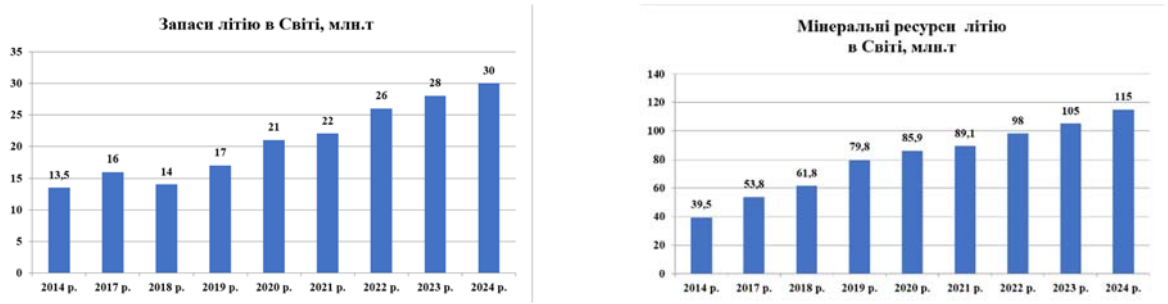


Рис. 2. Запаси та Мінеральні ресурси літію в світі за 2014-2024 рр. [6]

Крім вищеперерахованих основних мінерально-генетичних типів, з яких сьогодні видобувають літій, **є інші потенційні джерела літію**. По цим родовищам проводиться оцінка і облік мінеральних ресурсів та запасів, але видобуток поки не відбувається в основному по технологічним і економічним причинам.

Інші основні потенційні джерела літію:

– гекторитові глини вулканічного генезису (Невада, США);

– кристалічні породи, основний літієвий мінерал – жадарит (єдине родовище Jadar в Сербії, мінеральні ресурси оцінені в **5,6 млн т LCE**);

– кристалічні породи, основний літієвий мінерал – циннвальдит – літієва слюда (Чехія родовище Cinovec – мінеральні ресурси **6,5 млн т LCE**, Німеччина родовище Zinnwald Lithium – мінеральні ресурси **2,3 млн т LCE**);

– мінералізовані літієм термальні води (Німеччина родовище Upper Rhine Valley BF – мінеральні ресурси **27,7 млн т LCE.** Середній вміст літію в термальному розсолі 170 мг/л);

– розсоли нафтогазових свердловин.

Галузі використання літію. На сьогодні великий попит на літій напряму пов'язаний з відкриттям у двадцять першому сторіччі його електротехнічного потенціалу і науково-технічним прогресом широкого використання акумуляторних батарей. За останні 10 років, за даними USGS [6], частка використання літію для виробництва акумуляторних батарей у світі збільшилась з 35% (12,6 тис. тон у 2014 році) до 87% (208,8 тис. тон у 2024 році). Галузі, обсяги використання літію та динаміка змін показані на рис. 3.

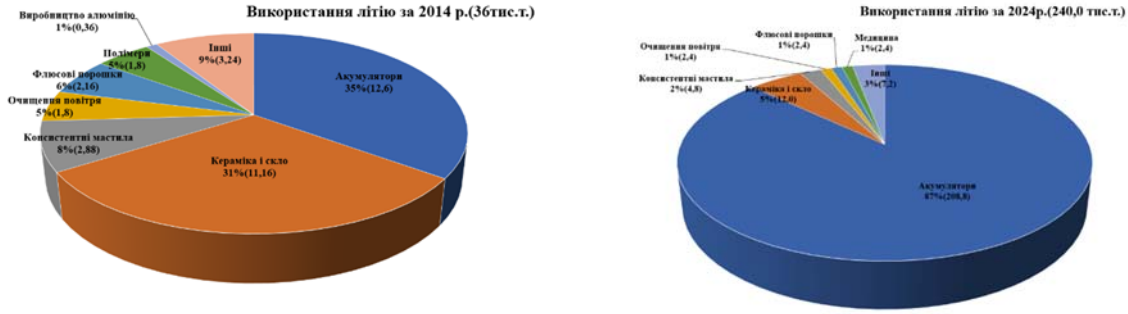


Рис. 3. Галузі і обсяги використання літію в світі за 2014 та 2024 рр. [6]

Таким чином перспективи освоєння нових літієвих родовищ напряму пов'язані з можливістю отримання з них якісних літій хімічних продуктів (в першу чергу карбонату літію і гідроксиду літію) придатних для виробництва акумуляторних батарей. Найкращою мінеральною сировиною, на сьогодні, для цих цілей є сподуменові і петалітові мінеральні концентрати.

Світовий ринок літію. Ринок літію є явним ринком олігополії, а це означає, що багато клієнтів стикаються з невеликою кількістю постачальників. Тобто, у контексті розробки нового літієвого проекту витрати на виробництво повинні бути конкурентоспроможними із виробниками, що вже успішно працюють на ринку [2].

Посилаючись на Федеральний інститут геології і хімії (BGR, Німеччина), майже 70 % світового літію в концентратах з родовищ пегматитів постачаються компаніями Galaxy Resources і Talison, в той час як 90 % літію, очищеного від розсолів, поставляється компаніями SQM (Sociedad Quimica y Minera), Albemarle і Livent Corporation (викупила літієвий бізнес у FMC в 2018 році). У рамках цього Talison сама є спільним підприємством між Albemarle (49 %) і Tiangi (51 %), що означає, що Albemarle є найбільшим у світі виробником літію, контролюючи майже 40% високоякісних активів як з родовищ літієвих розсолів, так і пегматитів. Таким чином провідними компаніями на світовому ринку літію є: Albemarle і SQM (Sociedad Quimica y Minera), у 2024 році до них приєдналась Rio Tinto. У жовтні 2024, гірничодобувний гігант Rio Tinto придбав Arcadium Lithium в рамках угоди за $6,7 млрд. Таким чином, найближчим часом, Rio Tinto стане одним із найбільших постачальників літію, поступаючись лише Albemarle та SQM [7].

Мінерально-сировинна база літію України. В Україні виявлено близько 10 рудопроявів літію. Більшість з них знаходиться в межах Українського щита і пов'язані вони з рідкіснометалевими пегматитами. На сьогодні практичний інтерес представляють три об'єкти, які можна вважати родовищами: Полохівське і ділянка Добра (рудопрояви Станкуватське і Надія). Родовище Шевченківське та ділянка Балка Крута наразі знаходиться на окупованій території.

Металогенічну провінцію Українського Щита (УЩ) складають шість металогенічних областей: Волинська (А1), Білоцерківська (А2), Подільсько-Бузька (А3), Кіровоградська (А4), Придніпровська (А5) та Приазовська (А6) (рис. 4).

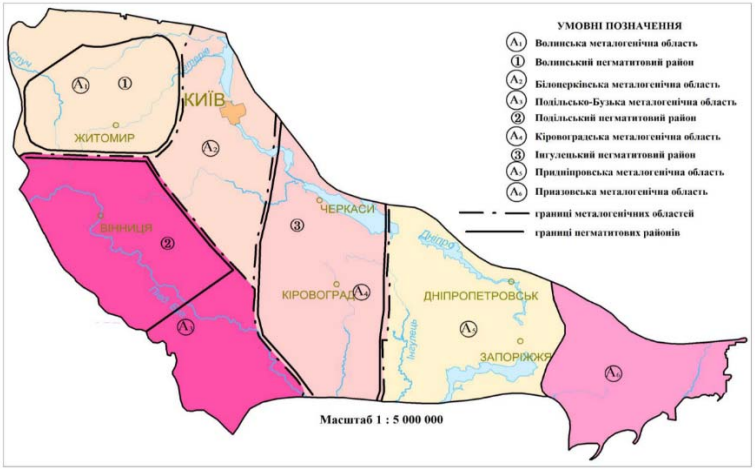


Рис. 4. Схема металогенічного районування Українського Щита.

Полохівське родовище і ділянка Добра знаходяться в межах Інгульського мегаблоку Українського щита, Кіровоградська металогенічна область, Шполяно-Ташлицький рудний район. Рідкіснометалеві пегматити Інгульського мегаблоку Українського щита можуть бути віднесені до унікальних пегматитових утворень (недостатньо вивчених у світовій практиці), у яких головний рудний мінерал представлений **петалітом**. У металогенічних побудовах у межах мегаблоку виділяються два рудні поля, спеціалізовані на рідкісні метали (Li, Rb, Cs, Be, Ta, Nb, Sn) – Полохівське та Станкуватське (Липнязьке) [4]. Крім того в межах Інгульського мегаблоку відкрито Ватутінське родовище і численні рудопрояви урану та рудопрояви золота, кольорових та рідкісних металів.

Ізотопний вік рідкіснометалевих пегматитів Інгульського мегаблоку перебуває в межах 1,97-2,0 млрд років, що відповідає віку гранітоїдів кіровоградського комплексу [3]. Як відомо [1], уранове зруденіння, широко представлене в цьому районі, пов'язане з альбітитами, накладеними на гранітоїди кіровоградського комплексу й датовано в межах 1,8–1,75 млрд років.

Уран-свинцевим ізотопним методом досліджені монацити із апліто-пегматоїдних гранітів Шполянсько-Ташлицького рудного району, з якими генетично пов'язані літієві пегматити Полохівського та Станкуватського рудних полів. На підставі цих досліджень вік формування апліто-пегматоїдних гранітів знаходиться в межах 2026-2032 млн років [5].

Полохівське родовище За мінеральними ресурсами літію Полохівське родовища відповідає великому промисловому об'єкту і є найбільшим родовищем літію в Європі промислового мінерально-генетичного типу-рідкіснометалеві пегматити. Промислові концентрації утворює тільки літій. Головним мінералом – концентратором літію є петаліт. Супутнім промисловим продуктом є польовошпатовий концентрат для виробництва скла і кераміки. Запаси і мінеральні ресурси літієвої руди, затверджені ДКЗ України. За оцінкою згідно Кодексу JORC (2012 р), при бортовому вмісті Li_2O – 0,7%, мінеральні ресурси літієвої руди складають 42,3 млн тон. Мінеральні ресурси літію в еквіваленті LCE (літій карбонат еквівалент) оцінені в 1,257 Mt (мільйонів тон).

Ділянка «Добра» (рудопрояви Станкуватський і Надія). За потенційними мінеральними ресурсами літію ділянка «Добра» відповідає великому промисловому об'єкту, який співставний найбільшому у світі родовищу літію «Грінбуш» (Австралія), що залягає в докембрійських кристалічних породах. Родовище «Грінбуш» – ресурси та запаси – 8,346 Mt LCE; ділянка «Добра» – потенційні ресурси - 3,664 Mt LCE.

Шевченківське родовище. Знаходиться в Приазовському мегаблоці Українського щита (рисунок 4), Західноприазовський металогенічний район. Наразі окупоавне.

Потенційні мінеральні ресурси Шевченківського родовища на даній стадії геологічного вивчення – 0,353 Mt LCE.

Перспективні ділянки Середньопридніпровського мегаблоку. На даний час в межах Середньопридніпровського мегаблоку виділено три пегматитових поля рідкіснометалевої спеціалізації (Жовтянське, Комендантівське, Рудницьке), в двох перших виявлені пегматити альбіт-сподуменового типу з власне рідкіснометалевими мінералами (сподуменом, танталітом, полуцитом, берилом і ін.) та промисловим вмістом літію (до 1,6 % Li_2O), танталу (до 0,08 % Ta_2O_5), рубідію (до 0,7 % Rb_2O) у окремих пробах; два пегматитових поля рідкісноземельної спеціалізації і п'ять полів пегматитів невизначеної спеціалізації. Для Середнього Придніпров'я в першу чергу представляють пошуковий інтерес опіряючі Криворізьку структуру троги представлені Жовтоводською, Комендантівською, Високопільською та ін. структурами. За даними новітніх досліджень названі трогові структури є типовими зеленокам'яними структурами, що в рази підвищує їх перспективу на виявлення родовищ рідкіснометалевих пегматитів.

Інші перспективні регіони і генетичні типи родовищ літію в Україні. Перспективними регіонами і генетичними типами є:

– мінералізовані термальні води Закарпаття, перспективи цього регіону підтверджуються наявністю родовищ солей лужних металів (калійних і натрових) та мінералізованих термальних вод;

– розсоли нафтогазових свердловин, в Україні виявлено Лопушнянський прояв літію цього генетичного типу (середній вміст літію в розсолі 88,7 мг/л). Найбільш перспективними є регіони розвитку соляно купольних структур і пов'язані з ними родовища нафти і газу .

Головним проблемним питанням для цього типу родовищ є економічно обґрунтована технологія вилучення літію.

Висновки:

1. Україна має всі геологічні передумови для розвитку літійвидобувної промисловості. Мінеральні ресурси оцінені за міжнародним стандартом JORC CODE, 2012 (Полохівське родовище) складають 1,257 Mt LCE. Потенційні мінеральні ресурси ділянки Добра – 3,664 Mt LCE, Шевченківського родовища 0,353 Mt LCE. Разом в Україні – 5,274 Mt LCE.

2. В рамках Закону України «Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року» необхідно передбачити виконання геолого-прогнозних робіт на літій в межах Придніпровського блоку та інших регіонах.

3. Запровадити міжнародні принципи, методи і процедури геологорозвідувальних робіт та перейти на міжнародні стандарти оцінки мінеральних ресурсів та запасів корисних копалин в Україні.

4. Співпраця з Канадою по напрямку геологорозвідувальних робіт на літій. Схожа геологічна будова та мінерально-генетичний тип літієвих родовищ, великий досвід геологорозвідувальних робіт на літій та потужна мережа юніорських компаній. Мінеральні ресурси і запаси літію в Канаді, станом на 2024 рік – 6,9 млн т літію (36,7 млн т LCE).

5. Необхідно вдосконалення в Україні системи ліцензування на виконання геологорозвідувальних робіт на критичні мінеральні ресурси.

Список використаних джерел:

1. Белевцев Я.Н., Коваль В.Б., Бакарджиев А.Х. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины. Киев. Наукова. думка, 1995. 397 с.
2. Білоус О.І., Слободян Б.І. , Парфенюк В.О. Літієві пегматити України: Проблеми і переваги освоєння родовищ. Мінеральні ресурси України №2, 2024 р. ст. 3-9 .
3. Іванов Б.Н., Лисенко В.В., Маківчук О.Ф. та ін. Екзоконтактні метасоматити літієвих гранітних пегматитів Шполяно-Ташлицького рідкіснометального рудного району. // Мінеральні ресурси України. 2000. № 4. – С. 11-13.
4. Степанюк Л.М., Грінченко О., Бондаренко С., Слободян Б.І., Курило С., Довбуш Т. Геохронологія літієносних гранітоїдів Інгульського мегаблоку (Український щит). Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка, 3(82) 2018, С. 23-28.
5. Степанюк Л.М., Сьомка В.О., Бондаренко С.М., Літієві руди Станкуватського і Полохівського рудних полів (Мінералогія, Геохімія). ІГМР, Звіт про НДР: 153 с.
6. MINERAL COMMODITY SUMMARIES, USGS за 2014-2024 роки. https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/mineral-commodity-summaries
7. Mining giant Rio Tinto to acquire Arcadium Lithium in $6.7 billion deal.,CNBC. https://www.cnbc.com/2024/10/09/mining-giant-rio-tinto-to-acquire-us-lithium-producer-arcadium-in-6point7-billion-deal.html

УДК 553.04

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ГРАФІТОВИДОБУВАННЯ В УКРАЇНІ

Слободян Б.І., *sbiv@ukr.net;*
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України, Київ, Україна

Описано динаміку світового ринку графіту за останні 10 років: видобування, запаси провідні регіони і країни з видобутку графіту. В контексті цих даних окреслено перспективи розвитку графітовидобування в Україні.

В Україні є розвідані родовища і прояви графітової мінералізації промислових мінерально-генетичних типів. Мінеральні ресурси Балахівського родовища оцінені за міжнародним стандартом NI 43-101. Наявна і потенційна мінерально-сировинна база графіту є передумовою для нарощення видобутку графіту в Україні. Запаси і прогнозні мінеральні ресурси графіту в Україні складають 45,39 млн т (Mt) і є найбільшими в Європі.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF GRAPHITE MINING IN UKRAINE

Slobodian B., *sbiv@ukr.net;*
M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The dynamics of the world graphite market over the past 10 years are described: production, reserves, leading regions and countries in graphite production. In the context of these data, the prospects for the development of graphite production in Ukraine are outlined.

In Ukraine, there are explored deposits and manifestations of graphite mineralization of industrial mineral-genetic types. Mineral resources of the Balakhiv deposit are estimated according to the international standard NI 43-101. The existing and potential mineral and raw material base of graphite is a prerequisite for increasing graphite production in Ukraine. Reserves and forecast mineral resources of graphite in Ukraine amount to 45.39 million tons (Mt) and are the largest in Europe.

Вступ. Останнім часом глобальний попит на мінеральну сировину для виробництва акумуляторів постійно зростає. Це обумовлено стратегічним значенням цих ресурсів. Графіт використовується у виробництві акумуляторів в якості аноду. Світовим лідером по запасам і виробництву графіту є Китай. Його частка на світовому ринку постійно зростає і наразі, у 2024 році, досягла 78 %. Разом з цим одним з основних споживачів графіту в світі є Європейський Союз.

В Україні Державним балансом запасів обліковується шість родовищ графіту та налічується близько 100 рудопроявів. Сумарні запаси і прогнозні мінеральні ресурси (по виявленим рудопроявам) оцінені в 45,39 млн т графіту і вони є найбільшими в Європі. Проте, з усіх виявлених родовищ розробляється лише Завалівське родовище.

Отже, Україна має всі об'єктивні підстави для інтенсивного розвитку графітовидобування.

Об’єкти досліджень. Геологічні комплекси, родовища і прояви графіту.

Методи та матеріали. Методологічна основа дослідження складається з такого комплексу методів:

- теоретичні методи – формалізація, гіпотетичний та дедуктивний;
- емпіричні методи – спостереження, порівняння та опис;
- загально логічні методи – синтез, аналогія, моделювання.

Матеріалом для цього дослідження були результати геологорозвідувальних робіт, дані Державного балансу запасів, а також відкриті публікації по графітовій тематиці в Україні та світі, зведення щодо мінеральних товарів Геологічної Служби США (MINERAL COMMODITY SUMMARIES, USGS) за 2014-2024 роки.

Результати досліджень.

Видобуток і мінерально-сировинна база графіту світу.

Видобуток. Стан видобутку графіту в світі за 2013-2024 рр. та по країнах у 2024 році за даними Геологічної Служби США (USGS) [5] наведено на рис. 1.



Рис. 1. Видобуток графіту в світі за 2013-2024 роки [5]

За останні десять років видобуток графіту в світі зріс на 45 %, з 1110 тис. т у 2013 році до 1600 тис. т у 2024 році. Стан видобутку графіту у світі по країнам [5] за 2024 рік наведено та рис. 2. Провідною країною виробником графіту (частка у світовому виробництві у 2024 році – 78%) є Китай.

	Видобуток графіту 2024 рік	тис.т	%
1	Китай	1270	77,9
2	Малагаскар	89	5,5
3	Мозамбік	75	4,6
4	Бразилія	68	4,2
5	Індія	27,8	1,7
6	Танзанія	25	1,5
7	Канада	20	1,2
8	росія	20	1,2
9	Корея	9,6	0,6
10	КНДР	8,1	0,5
11	Норвегія	7	0,4
12	Шрі Ланка	3,3	0,2
13	Туреччина	3,1	0,2
14	Вьетнам	2	0,1
15	Україна	1,2	0,1
16	Мексика	0,9	0,1
17	Австрія	0,5	0,0
	Всього	1630	

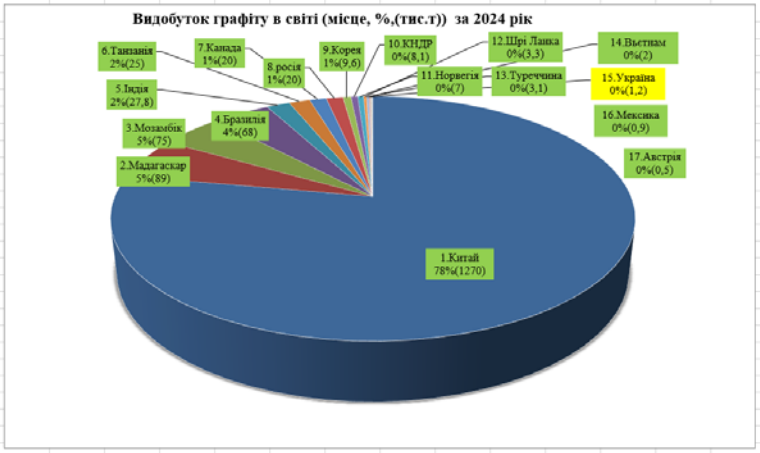


Рис. 2. Видобуток графіту в світі по країнам у 2024 році [5]

За останні 5 років частка Китаю у світовому виробництві графіту постійно зростала(з 64 % у 2019 році до 78 % у 2024 році) а частка Європи, за цей же період, постійно зменшувалась (з 4 % у 2019 році до 1 % у 2024 році). В Україні, за даними Геологічної Служби США, у 2019 році видобуток графіту склав 20 тис. т, що становило 1,8 % світового видобутку, а в 2024 році видобуток графіту склав 1,2 тис. т, що становило 0,1 % світового видобутку.

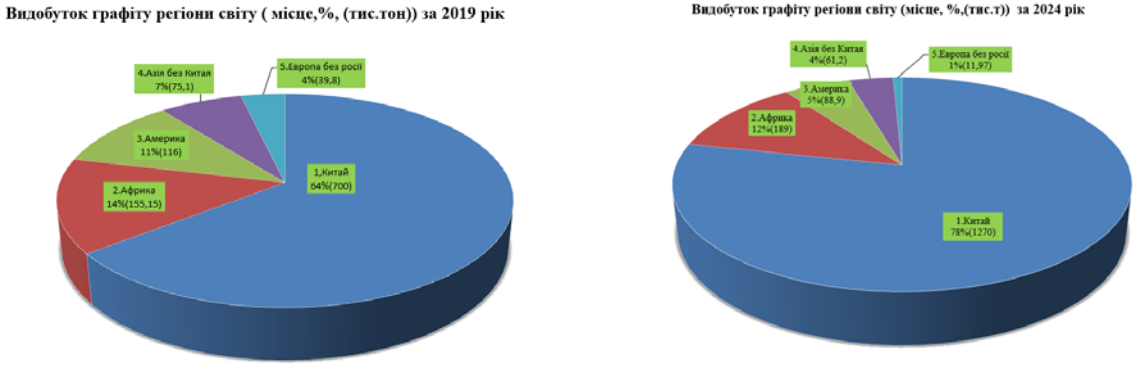


Рис. 3. Видобуток графіту по регіонам світу у 2019 та 2024 роках [5]

Галузі використання графіту. На сьогодні великий попит на графіт напряму пов'язаний з науково-технічним прогресом широкого використання акумуляторних батарей. Станом на 2024 рік основними галузями використання графіту є:

1. Виробництво акумуляторів та електромобілів. Це найважливіша та найбільш швидкозростаюча галузь. Графіт є ключовим компонентом анодів літій-іонних акумуляторів (60-70 %).
2. Металургія. Графіт використовується як вогнетривкий матеріал для виробництва футерування печей, ливарних форм та тиглів. Також він є модифікатором для поліпшення властивостей чавуну та сталі, а також вуглецевим відновлювачем у деяких металургійних процесах (15-20%).
3. Промислові матеріали, мастила, електроди, олівці (5-10 %).
4. Ядерна енергетика. Графіт використовується як нейтронний сповільнювач та відбивач у деяких типах ядерних реакторів. Він допомагає контролювати швидкість ядерної реакції (< 5 %).
5. Інші галузі, хімічна промисловість, електроніка, спорт (< 5 %).

Мінерально-сировинна база.

Основними генетичними типами родовищ графіту у світі є метаморфічні, пневматолітово-гідротермальні, контактовою-метасоматичні, пегматитові і власне магматичні. Найбільше промислове значення мають метаморфічні родовища [4].

Пропорційними темпами відбувалось і нарощування мінерально-сировинної бази графіту у світі. За 2013-2024 рр. запаси графіту збільшилися в 2,2 рази, з 130 млн т у 2013 році до 290 млн тон у 2024 р. [5], рис. 4, 5. За цей же період запаси графіту в Китаї збільшилися в 1,5 рази, з 55 млн т у 2013 році до 81 млн т у 2024 році.

Запаси графіту на 2013 рік.

Країна	2013 рік тис. тон
Всього	130000
Бразилія	58000
Китай	55000
Індія	11000
Мексика	3100
Мадагаскар	940
Україна запаси	19630
Україна прояви	25760
Україна разом	45390

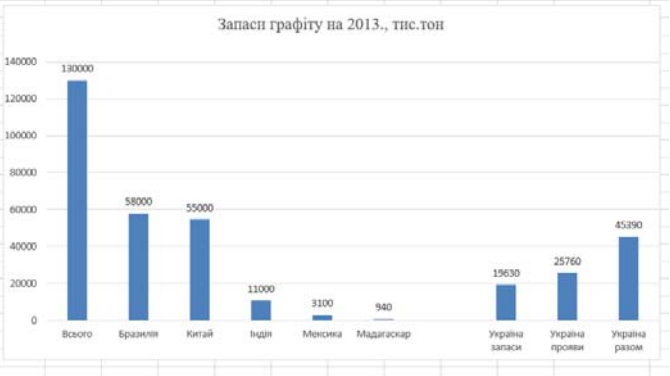


Рис. 4. Запаси графіту у світі в 2013 році [5]

Запаси графіту на 2024 рік.

Країна	2024рік тис. тон
Всього	290000
Китай	81000
Бразилія	74000
Мадагаскар	27000
Мозамбік	25000
Танзанія	18000
росія	14000
Вьєтнам	9700
Індія	8600
Туреччина	6900
Канада	5900
Мексика	3100
Півн.Корея	1800
Шрі Ланка	1500
Україна запаси	19630
Україна прояви	25760
Україна разом	45390

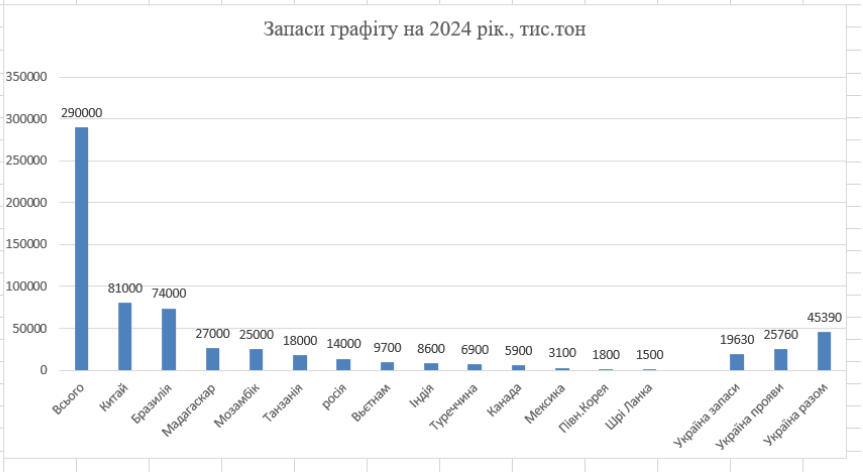


Рис. 5. Запаси графіту у світі в 2024 році [5]

На графіках і в таблицях рисунків 4,5 наведено дані по Україні, окремо запаси, мінеральні ресурси і сумарні показники.

Запаси і мінеральні ресурси графіту України. Родовища кристалічного графіту виявлені в межах Українського кристалічного щита. Державним балансом запасів корисних копалин враховано шість родовищ кристалічного графіту із загальними запасами 19,63 млн. тон графіту(станом на 2018 рік). На рис. 6 відображено родовища і рудопрояви графітових руд України [3].

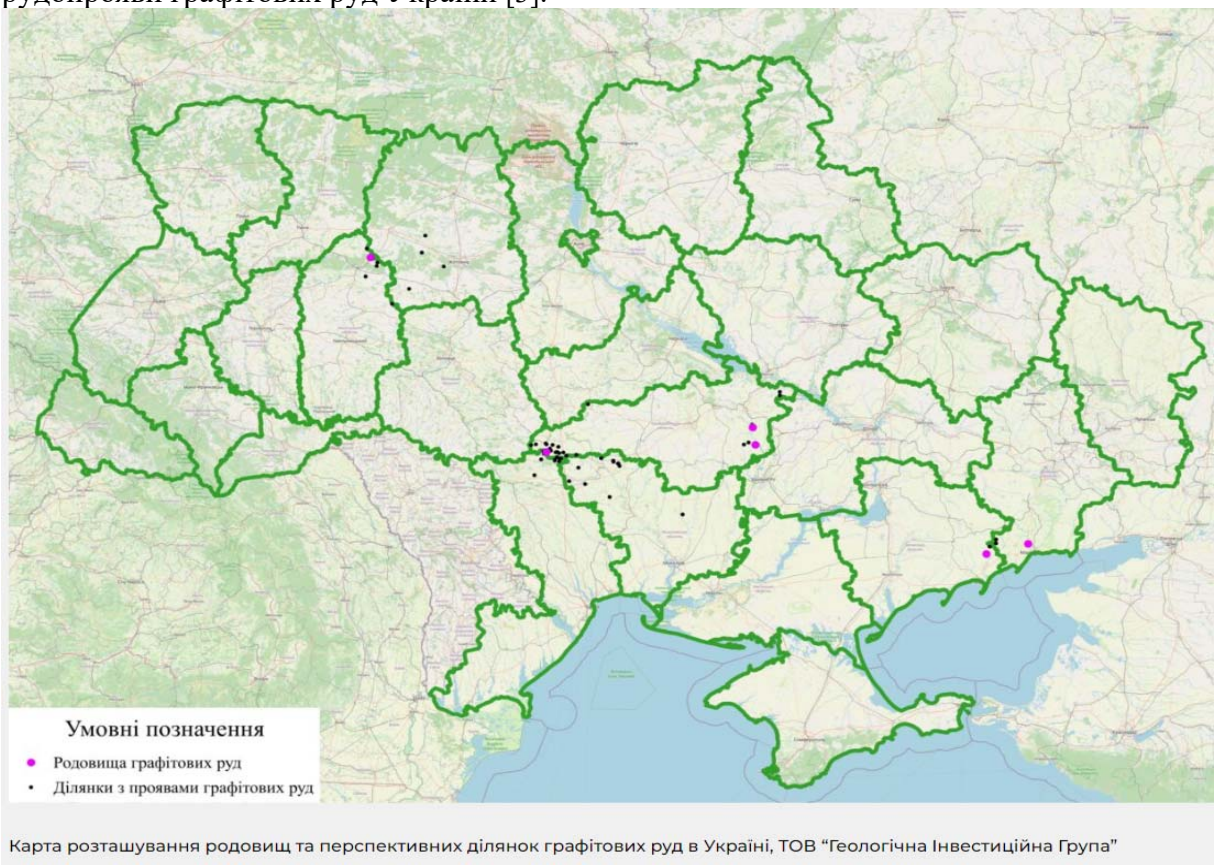


Рис. 6. Родовища і прояви графітових руд України [3]

Розробляється лише Завалівське родовище (Компанія Volt Resources, Австралія) із загальними запасами 7,62 млн т графіту.

Всього на території України, крім балансових родовищ, налічується також близько 100 рудопроявів і 400 точок підвищеної графітової мінералізації. Більшість із цих об'єктів пройшли лише попередню оцінку або віднесені до прогнозних ресурсів і вивчені недостатньо[1].

Родовища і прояви графіту приурочені до порід архею і нижнього протерозою. Графітоносна провінція Українського щита включає в себе чотири графітоносні райони:

1. Волинський (Буртинське родовище).
2. Побузький (Завалівське родовище).
3. Криворізький (Балахівське, Петрівське родовища).
4. Приазовський (Троїцьке та Маріупільське родовища).

Адміністративно родовища розташовані в Запорізькій, Кіровоградській, Донецькій та Хмельницькій областях.

Геологічне вивчення всіх родовищ і проявів графіту, а також підрахунок запасів і оцінка мінеральних ресурсів (крім Балахівського) виконувались за «радянськими» нормативними документами. По Балахівському родовищу на початок 2025 року, компанія BGV GROUP виконала оцінку мінеральних ресурсів за міжнародним стандартом NI 42-101.

В табл. 1, за даними [1, 2] наведено основні геологічні характеристики родовищ і проявів графіту України.

Таблиця1. Родовища і прояви графіту України

Мінерально сировинна база і ресурсний потенціал графіту України				
N	Прояв/**Родовище**	**Запаси**/Ресурси руди, млн. тон	Середній вміст графіту, %	**Запаси**/ресурси графіту, млн. тон
1	Каратюкський	25,2	8,00	2,02
2	Махаранецький	158	4,60	12,64
3	Кошаро-Олександрівський	10	9,00	0,80
4	Дубинівський	32	9,00	2,56
5	Вишняківський	23,2	6,10	1,86
6	Сачкинський	25	7,00	2,00
7	Водянський	0,2	8,00	0,02
8	Варварівський	44,8	7,52	3,58
9	Бабенківський	3,6	7,00	0,29
	Разом прояви	***322,00***		***25,76***
1	**Троїцьке**	**2**	**8,04**	**0,16**
2	**Петрівське**	**7,5**	**7,18**	**0,60**
3	**Маріупольське**	**3,4**	**3,92**	**0,27**
4	**Завалівське**	**95,2**	**6,20**	**7,62**
5	**Балахівське**	**23,9**	**4,94**	**1,91**
6	**Буртинське (4 ділянки)**	**113,4**	**5,85**	**9,07**
	Разом родовища	**245,4**		**19,63**
	Всього прояви і родовища	***567,40***		***45,39***

За складністю геологічної будови в переважній більшості графітові родовища України характеризуються простим заляганням. Рудоносні товщі є витриманими по падінню і простяганню.

За характером руд і типом графіту руди графітових родовищ України збагачуються переважно переважно флотацією. Графіт лускатий [2].

За умовами розробки – переважно відкритий – кар'єрний.

Одним з перспективних об’єктів є Буртинське родовище. До його складу входить 4 ділянки – Городнявська, Матроська, Хмелівська, Лісова. На Городнявську ділянку видано спецдозвіл на геологічне вивчення.

Протягом 1984-1988 р. Житомирською геологорозвідувальною експедицією ВГО «Північукргеологія» проведено пошуково-оцінювальні роботи на Буртинському родовищі графіту. Прогнозні ресурси графітової руди оцінені в 423,2 млн т, графіту – 25 млн т.

Висновки.

1. Графіт є одним з основних компонентів акумуляторних батарей, попит на нього постійно зростає.
2. Україна має всі геологічні передумови для розвитку графітовидобування. Запаси і мінеральні ресурси графіту в Україні є найбільшими в Європі.
3. В рамках Закону України «Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року» необхідно передбачити виконання ревізійних і геолого-прогнозних робіт на графіт в межах Волинського, Побузького і Криворізького графітоносних районів.
4. Запровадити міжнародні принципи, методи і процедури геологорозвідувальних робіт та перейти на міжнародні стандарти оцінки мінеральних ресурсів та запасів корисних копалин в Україні.

5. Необхідно вдосконалення в Україні системи ліцензування на виконання геологорозвідувальних робіт на стратегічні та критичні мінеральні ресурси.

Список використаних джерел:

1. Кропівний В.М., Молокост М.А., Кузик О.В., Кропівна А.В., Порівняльна промислова оцінка графітових родовищ та руд України, характеристика збагачення руд. Центральноукраїнський науковий вісник, Кропивницький. Технічні науки, 2019, Вип. 1(32).

2. Лижаченко Н. Ранжування вітчизняних родовищ та проявів графіту за основними геолого-промисловими показниками. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, Геологія. 59/2012.

3. Мороз Е. Електронний ресурс https://geogroup.com.ua/blog/rodovyshha-grafitu-v-ukrayini-zabezpechenist-ta-perspektyvy/

4. Рудько Г.І., Петришин В.Ю., Перспективи використання графіту в сучаснихенергозберігаючих технологіях. П’ята міжнародна науково-практична конференція "Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування" Україна, м. Трускавець, 8-12 жовтня 2018 р.

4. MINERAL COMMODITY SUMMARIES, USGS за 2014-2024 роки. https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/mineral-commodity-summaries

УДК 551.1:550.83/.87

МЕТАЛОГЕНІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ В УКРАЇНІ

Чернієнко Н.М.[1], *к. геол. н., nata.cherniyenko@gmail.com;*
Вдовиченко А.І.[2], *ак. АТН України, vdovichenkoai@gmail.com;*
Андрєєва О.О.[1,3], *к. геол. н., andreeva_ea@ukr.net;*
Бучинська В.О.[3, 4], *viktoriia.obuch@gmail.com*;
1 – ГО "Спілка геологів України", Київ, Україна,
2 – ГО "Спілка буровиків України", Київ, Україна,
3 – ННІ «Інститут геології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, Україна,
4 - ТОВ «Інститут ТУТКОВСЬКОГО», Київ, Україна

Стаття присвячена Леоніду Станіславовичу Галецькому – видатному українському вченому, доктору геолого-мінералогічних наук, професору, завідувачу відділу геології корисних копалин Інституту геологічних наук НАН України, академіку Академії гірничих наук України, академіку Української екологічної академії, член-кореспонденту Міжнародної академії наук Євразії, лауреату Державних премій УРСР та СРСР, Почесному розвіднику надр СРСР та України, першовідкривачу Пержанського рідкіснометалевого родовища.

METALLOGENIC RESEARCH IN UKRAINE

Cherniyenko N.[1], *Cand. Sci. (Geol.), nata.cherniyenko@gmail.com;*
Vdovychenko A.[2], *Acad. ATS of Ukraine; vdovichenkoai@gmail.com;*
Andreeva O.[1,3], *Cand. Sci. (Geol.), andreeva_ea@ukr.net*;
Buchynska V.[3,4], *viktoriia.obuch@gmail.com*;
1– Ukrainian Association of Geologists, Kyiv, Ukraine,
2 – Union of Drilles of Ukrainion, Kyiv, Ukraine,
3 – Educational and Scientific Institute «Institute of Geology» of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine,
4 – TUTKOVSKY Institute LLC, Kyiv, Ukraine

The article is dedicated to Leonid Stanislavovich Galetsky, an outstanding Ukrainian scientist, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, head of the Department of Mineral Geology at the Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, academician of the Academy of Mining Sciences of Ukraine, academician of the Ukrainian Ecological Academy, corresponding member of the International Academy of Sciences of Eurasia, laureate of the State Prizes of the Ukrainian SSR and the USSR, Honorary Explorer of the Subsoil USSR and Ukraine, discoverer of the Perzhansk rare metal deposit.

До 90-річчя з дня народження Леоніда Станіславовича Галецького.

Ім'я геолога-практика і вченого-металогеніста, професора Л.С. Галецького стало міжнародно відомим у зв'язку з фундаментальними дослідженнями металогенії України, відкриттям Пержанського берилієвого родовища, вивченням і практичним нарощуванням мінерально-ресурсної бази країни в цілому [1-3].

Леонід Станіславович Галецький – вчений світового рівня все своє життя присвятив геологічній галузі в якій пропрацював понад 60 років. Майбутній вчений народився 21 червня 1935 р. в м. Житомир. Він закінчив в 1953 р. Київський геологорозвідувальний технікум, в 1960 р. – Всесоюзний заочний політехнічний інститут. Галецький Л.С. навчався в аспірантурі в Київському державному університеті ім. Т.Г. Шевченка за спеціальністю «геохімія», у 1968 р. захистив кандидатську, а в 1985 р. – докторську дисертацію на тему «Металогенія і нові типи рудних формацій рідкісних металів Українського щита». [1, 2]

Галецький Л.С. з 1953 р. по 1968 р. пройшов шлях від техніка-геолога до головного геолога Житомирської геологічної експедиції тресту «Київгеологія». Разом із колегами Соломоном Іохельовичем Гурвичем та Василем Пилиповичем Луньком за допомогою геохімічного та геолого-петрографічного картування відкрив на Волині унікальне Пержанське родовище берилієвих руд. І дотепер воно не має аналогів у світі ані за генетичним типом, ані за запасами, ані за якістю сировини. [1-3]

У 1968–1980 рр. Леонід Галецький був керівником Центральної геохімічної, а згодом – металогенічної партії Міністерства геології УРСР, у 1980–1987 рр. – головний геолог

Міністерства геології УСРС, у 1987–1997 рр. – директор ДГП «Геопрогноз» Державного комітету України по геології та використанню надр. Починаючи з 1997 р. по 2017 р. Галецький Л.С. працював на посаді завідувача відділу геології корисних копалин Інституту геологічних наук НАН України. [1, 2]

Леонід Галецький був керівником і основним автором численних комплектів геологічних, металогенічних і прогнозних карт території України. Під його науковим керівництвом здійснені фундаментальні та прикладні дослідження в галузі геології та металогенії України, що пов'язані з визначенням основних закономірностей розвитку і розміщення корисних копалин. Ним були розроблені теоретичні та методологічні основи металогенічного аналізу докембрію, вперше у світовій геологічній практиці виділені нові типи рідкіснометалевих рудних формацій, виявлені їх великі родовища в межах Українського щита.

За його участі у 1963 р. видано «Металогенічну карту УЩ м-бу 1:750000» (Я.М. Бєлєвцев та ін.), «Прогнозну металогенічну карту Сущано-Пержанської зони м-бу 1:50000» (Л.С. Галецький). У 1968 р. розроблено «Комплексну програму з вивчення геології та металогенії Українського щита» (Я.М. Бєлєвцев, С.Т. Борисенко, Л.С. Галецький та ін.,). У 1970 р. зведені воєдино «Прогнозні та металогенічні карти Українського щита м-бу 1:500000» (Г.І. Каляєв, Л.С. Галецький, В.Я. Бернасовський та ін., 1970 р.) і «Металогенічні карти осадового чохла Українського щита м-бу 1:500000» (Л.С. Галецький, М.М. Кальна, 1970 р.). Основним результатом виконаних в Україні металогенічних досліджень цього періоду стали «Металогенічна карта Української РСР та Молдавської РСР м-бу 1:500000» (Я.М. Бєлєвцев, С.Т. Борисенко, Л.С. Галецький, 1972 р.) та монографії «Металогенія України та Молдавії» (Я.М. Бєлєвцев, С.Т. Борисенко, Л.С. Галецький та ін., під редакцією Я.М. Белєвцева, в-во "Наука", 1974 р.). Ці роботи були удостоєні Державної премії УРСР. [1, 2, 4]

Період металогенічних досліджень 1975–2003 рр. в Україні ознаменувався створенням комплексних прогнозно-металогенічних карт. У 1977 р. в Мінгео УРСР видані «Металогенічні карти окремих районів УЩ м-бу 1:200000» (А.С. Войновський, Л.С. Галецький, О.О. Гончар, О.М. Довгань, Л.Ф. Лавриненко, Т.М. Сумцова, Г.А. Шварц). У 1977-1980 рр. були складені геолого-прогнозні карти Українського щита на рідкісні метали м-бу 1:200000 з крупно масштабними врізками (трест «Київгеологія», Л.С. Галецький). У 1980 р. видані «Методичні вказівки по складанню металогенічних карт масштабу 1:50000 стосовно до умов Українського щита та макети карт» (Мінгео УРСР, А.С. Войновський, Л.С. Галецький). У 1984 видано Комплект карт масштабу 1:1000000 "Геологія і металогенія докембрію Українського щита" (Мінгео УРСР, Л.С. Галецький, Б.О. Горлицький, Л.А. Кіпніс та інші).

В результаті реалізації комплексної міжвідомчої програми «Прогноз» (1985–1995 рр.) за його участі проведено генеральне узагальнення та аналіз обширної геологічної, геофізичної, геохімічної та металогенічної інформації по всій території України. У 1990 видана «Металогенічна карта УЩ м-бу 1:1000000» (Л. С. Галецький, В. Є. Попов, Л. В. Бочай та ін.,). У 1992 р. представлено звіт «Комплексна металогенічна карта України м-бу 1:500000» (Л.В. Бочай, Л.С. Галецький, А.С. Войновський). У 1992 р. був складений і виданий комплект карт «Геологія та металогенія південно-західної частини Східно-Європейської платформи» (Л.С. Галецький, В.А. Колосовська, Ю.М. Єрмаков, Г.І. Ількевич та ін.). [1, 2, 4]

Під керівництвом Л.С. Галецького розвивалися нові напрями, такі як розробка багатофакторних моделей розвитку земної кори; вперше у світі виділена нова планетарна геодинамічна система довгоживучих наскрізних трансрегіональних лінеаментів – рудоконцентруючих мегазон активізації «Геотранс», що контролюють розміщення найбільш великих рудних і нафтогазоносних районів. Вони фіксуються аномальними геофізичними, геохімічними й енергетичними полями, високою екзо- і ендогенною активністю, а також підвищеною сейсмічністю. Одним з енергетичних джерел періодичної

тектоно-магматичної активізації є напруги, що створюються зміною ротаційного режиму планети. Леонід Галецький запропонував новий комплексний підхід до вивчення геології та рудоносності древніх платформ, що синтезує конструктивні положення існуючих концепцій та базується на наступних положеннях: еволюції земної кори, геоблокової подільності, врахування наявності шовних зон як структур спрямованого еволюційного розвитку та накладених трансрегіональних зон активізації, обумовленість металогенічної зональності багатофакторними умовами рудоконцентрації. [1, 4-6]

Професор Л.С. Галецький мав заслужений авторитет як серед геологів України, так і за кордоном. Він здійснював активну міжнародну наукову діяльність, був учасником світових геологічних форумів, конгресів, зокрема в Москві (1984), Вашингтоні (1989), Кіото (1992), Пекіні (1996), Канаді (2000), Гановері (2007) тощо.

Під його керівництвом було створенню унікальне геологічне видання – Атлас «Геологія і корисні копалини України м-бу 1:5000000» (головний редактор Л.С.Галецький, науковий керівник проекту Н.М. Чернієнко) у підготовці якого брали участь понад 70 провідних вчених, спеціалістів-геологів України. Цей науковий твір став підсумком комплексного геологічного вивчення території України за період минулого століття та надає повне уявлення про мінерально-сировинну базу країни. Атлас складається з 7 розділів, містить 75 взаємоузгоджених карт з пояснювальними записками до кожної: загально оглядові карти, геофізичні, геоструктурного районування, геологічні карти зрізів, літолого-фаціальні, еколого-гідрогеологічні, карти корисних копалин, Особливе значення мали вперше створені разом з істориками та археологами самобутні карти: Історії гірничорудної справи; Геологічні пам’ятки та ексклюзиви України. [6]

Атлас здобув визнання як в Україні, так і за кордоном. На засіданні Президії НАН України від 17 травня 2000 р. Постановою № 139 було відзначено «теоретичне та практичне значення даної роботи як універсального носія геологічної спадщини, енциклопедичного навчального посібника та основи для входження у світову геоінформаційну систему». При підтримці канадської компанії “Northland Power” його англомовну версію «An Atlas of the Geology and Mineral Deposits of Ukraine scale 1:5000000» було видано 2007 р. видавництвом Університету Торонто. Атлас було надіслано в усі консульства і представництва України за кордоном, вищі навчальні заклади геологічного профілю. Канадський експерт академік Меріт у своїй рецензії підкреслив, що Атлас «є дивовижним досягненням академічної майстерності». В 2007 р. Міжнародна Дирекція Експертів та експертиз присвоїла Галецькому Л.С. звання «Міжнародного Експерта в галузі геології та мінеральних ресурсів». В 2014 році Атлас відзначено Державною премією України в галузі науки і техніки. [1, 2, 6]

Серія карт Атласу (структурне районування України, металогенічне районування осадового чохла, руди рідкісних металів, титан-цирконієві руди, руди благородних металів, руди неметалів, кам’яних порід, карбонатних порід, уламкових порід, техногенні ресурси) увійшла до тематичного розділу «Мінеральні ресурси надр» Національного атласу України під редакцією НАН України (2007 р.).

Під керівництвом Леоніда Станіславовича була реалізована міждержавна програма «Геологічний розвиток і мінерагенія Східно-Європейської платформи» [2, 4], яка здійснювалася колективом фахівців України, Росії й Білорусі понад 15 років. Вперше було проведено комплексне узагальнення геологічних, геофізичних, геохімічних і металогенічних даних по всій території Східно-Європейської платформи (СЄП) як по фундаменту, так і по осадовому чохлу. Головним результатом цих робіт стало складання по всій території СЄП комплекту взаємопов'язаних карт м-бу 1:2500000 (більше 20 найменувань). Такий підхід дозволив створити об'єктивні багатофакторні моделі геологічної будови й металогенії великих геологічних регіонів тривалої й складної історії розвитку; прослідкувати регіональні рудоносні структури по всій території платформи та чохла СЄП, важливі для отримання прогнозу родовищ; дослідити ряд актуальних наукових проблем по закономірностям розвитку

За активної участі Леоніда Галецького спільно з Геологічною службою Норвегії було реалізовано 15-ти річний міжнародний проєкт «Геологія суходолу і морських територій Північної Європи», підготовлено відповідне картографічне видання, де вперше відтворена історія геологічного розвитку країн північної Європи та України (2008).

За період 2000-2016 роки під науковим керівництвом Галецького Л. С. були виконані фундаментальні та прикладні роботи, які відображені у звітах (понад 20) відділу геології корисних копалин ІГН НАН України.

Основні з них:

- Відомча тематика НАН України: Стратегія розвитку мінеральних ресурсів України (2000-2004), Геологічний розвиток і мінерагенія Східно-Європейської платформи (2005-2007), Науково-методологічні основи ефективного використання мінеральних ресурсів України в сучасних економічних умовах (2005-2008), Природа та умови гігантського нафто-газонакопичення на континентальному схилі (2009-2012), Металогенія України (2009-2012), Основні рудоносні структури території України (2013-2016). [2, 4, 5, 7-9]

- Пріоритетна програмно-цільова та конкурсна тематика НАН України**:** Вивчення та оцінка перспектив використання техногенних родовищ України (2002-2006), Вивчення перспектив розвитку та використання мінерально-сировинної бази глин та каолінів України (2007-2011), Металогенія та прогнозна оцінка титану України (2012-2016). [7, 9]

- Інноваційні, науково-дослідні проекти НАН України: Адаптація відкрито-підземного способу видобутку залізних руд для умов Центрального гірничо-збагачувального комбінату Кривбасу (2004-2006), Геологічне обґрунтування раціонального видобування рідкіснометалевих руд на Азовському та Мазурівському родовищах Приазов'я програми «Мінеральні ресурси України та їх видобування» (2004-2006), Науково-технологічне забезпечення промислового освоєння Мазурівського родовища та комплекс досліджень з підготовки до дослідно-промислової розробки Азовського родовища (2005), Прогнозна геолого-економічна оцінка флангів та глибоких горизонтів рідкіснометалевих і рідкісноземельних родовищ Приазов'я з метою нарощування їх мінерально-сировинного потенціалу (2007-2009). [4-7, 8, 9]

- Договірні роботи за участі НАН України, ФГУП Гіредмет, ММК ім. Ілліча, УІЦПТ «Геос-XXI ст»: Дослідження та розробка технології комплексної переробки корінних руд Мазурівського родовища з отриманням польовошпатового та цирконієвого концентратів, технічних оксидів рідкісних металів, РЗЕ технічної чистоти та сировини для виробництва полікремнію (2004-2005). [4]

- Державна цільова науково-технічна програма: Створення хіміко-металургійної галузі виробництва чистого кремнію протягом 2009-2012 років: Визначення та геолого-економічне обґрунтування пріоритетних родовищ рідкісних металів та рідкісноземельних елементів Українського щита для їх першочергового освоєння (2009-2012). [4]

Результати зазначених наукових досліджень і відповідні рекомендації були впроваджені [4]:

- ВАТ «ММК ім. Ілліча» при підготовці геолого-технологічних рішень щодо освоєння Мазурівського та Азовського родовищ (27.11.2005р).

- Мінпромполітики України при підготовці «Концепції державної програми розвитку добування та переробки рідкісних і дорогоцінних металів» (від 06.07.09р №01/6-2-1046, постанови Кабінету Міністрів України від 03.06.09р. №618). Розроблено «Програму розвитку рідкіснометалевої та рідкісноземельної бази України та розвитку на її основі високотехнологічних виробництв на базі «пілотних об'єктів» Приазов'я.

- Проєктах Рішень РНБО України у складі робочої групи Апарату РНБО України (лист РНБОУ від 08.12.09 № 6/9-3939-6-1) по питаннях: «Про заходи щодо підвищення ефективності державного управління у галузі геологічного вивчення і використання надр» (Указ Президента України від 3.02.2010 № 90/2010), де зокрема передбачалося "...забезпечення впровадження на підприємствах гірничо-металургійного комплексу високотехнологічних способів виробництва з використанням рідкісних,

рідкісноземельних і легуючих металів та розвитку нових напрямів гірничо-металургійного виробництва з їх пріоритетним використанням…”.

- Держгеолслужбі України у «Загальнодержавній програмі розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року». (11.05.2011).

- В Приазовській КГП КП «Південукргеологія» при підготовці матеріалів до промислового освоєння Мазурівського польовошпат-рідкіснометалевого та Азовського цирконій–рідкісноземельного родовищ (впровадження №03/01 від 08.10.12р.)

Леонід Галецький докладав всіх зусиль для створення в Україні рідкіснометалевої галузі. Мріяв про освоєння Пержанського родовища берилію, рідкіснометалевих об’єктів Приазов’я.

Він був активним ініціатором та організатором міжнародних науково-практичних конференцій. Плідно співпрацював з громадськими організаціями: Спілкою буровиків України, Спілкою геологів України. Так, з нагоди 60-річчя геологорозвідувальних робіт на Пержанському рудному полі, з метою активізації державних програм щодо освоєння Пержанського родовища берилію, за ініціативи ІГН НАН України та Спілки буровиків України, під головуванням Леоніда Галецького у м. Олевськ Житомирської області 23-24 жовтня 2014 р. пройшла Перша науково-практична конференція «Історія відкриття і вивчення Пержанського родовища як світового ексклюзиву». Мета конференції полягала у з’ясуванні перспектив освоєння мінерально-ресурсного потенціалу Поліського краю для ефективного залучення інвестицій у розвиток регіону. У наукових доповідях вчених НАН України, представників МОН України, геологів-розвідників, виступах представників місцевої влади, бізнесу неодноразово наголошувалось про стратегічне значення Пержанського родовища берилію для розвитку Житомирщини та країни в цілому. В Рішенні конференції була “...визначена необхідність першочергового освоєння Пержанського рудного району як крупного геологічного об’єкту світового значення”. Під час конференції в с. Перга Олевського району вперше в Україні був урочисто відкритий обеліск на честь геологорозвідників – першовідкривачів Пержанського родовища [2, 3. 8, 10].



Фото. Леонід Галецький на відкритті пам’ятного знаку «Геологорозвідникам Пержанського берилієвого родовища світового значення». 24 жовтня 2014 р., с. Перга, Житомирська обл.

23 лютого 2018 р. в м. Олевськ пройшла друга науково-практична конференція «Стан та перспективи освоєння Пержанського рудного району» з метою вшанування річниці пам’яті вченого, визначення сучасного стану та перспектив освоєння мінерально-

ресурсного потенціалу Пержанського рудного району, залучення інвестицій у розвиток регіону. Ініціаторами та організаторами конференції виступили: Державна служба геології та надр України, ІГН НАН України, Академія технологічних наук НАН України, Спілка буровиків України, Спілка геологів України, Олевська міська рада, ТОВ «Пержанська рудна компанія». В роботі конференції взяли участь понад 25 державних, наукових установ та відомств, ВНЗ, представники бізнесу, ветерани геологорозвідки, журналісти, вчителі, краєзнавці. Були обговорені питання щодо перспектив створення стратегічно важливої мінерально-сировинної бази рідкісних та рідкісноземельних металів в межах Пержанського рудного району. Учасники конференції відкрили пам'ятну дошку Леоніду Галецькому на території Перганської загальноосвітньої школи, де раніше розташовувалась база Олевської геологорозвідувальної партії Житомирської геологічної експедиції тресту «Київгеологія» [10].

20 червня 2019 р. в с. Новий Завод Житомирської області, в школі, де навчався Галецький Л. С., відбулись геологічні читання присвячені вшануванню його пам'яті: «Актуальні проблеми освоєння родовищ Житомирщини». Учасниками конференції стали представники ІГН НАН України, Спілки буровиків України, Академії технологічних наук, Державного університету «Житомирська політехніка», Поліського національного університету, Коледжу геологорозвідувальних технологій, геологічних підприємств та органів місцевої влади. Під час проведення заходу було відкрито меморіальну дошку Леоніду Станіславовичу Галецькому.

Леонід Станіславович поєднував таланти ученого, педагога та організатора. Він був членом редколегії наукових видань «Геологічний журнал» та «Геолог України»; членом Вченої Ради та спецради ІГН НАН України, спецради КНУ імені Тараса Шевченка. В 2007-2012 рр. Галецький Л. С. викладав курс лекцій по геотектоніці та металогенії, був головою Державної екзаменаційної комісії на геологічному факультеті університету.

Під його науковим керівництвом підготовлено 9 докторів і 17 кандидатів геолого-мінералогічних та геологічних наук. Він є автором понад 450 наукових праць, 10 монографій, 51 геологічного звіту, 7 методичних посібників, 12 цільових та комплексних програм.

Діяльність Леоніда Галецького відзначено високими нагородами: Лауреат державних премій УРСР (1973) і СРСР (1979), «Першовідкривач родовищ СРСР» (1970), «Почесний розвідник надр СРСР» (1980), «Почесний розвідник надр України» (1995), золотий диплом і медаль Міжнародного геологічного конгресу (1984), золота відзнака Спілки геологів України (2001); орденами і медалями УРСР і СРСР, орденом «Козацький Хрест» ІІІ ступеня (2004) за служіння Україні, орденом «За трудові досягнення IV ступеня» (2007). [2]

Сьогодні ми згадуємо талановитого вченого, яскраву особистість, який все своє життя присвятив геології, і разом з такими ж геологами, закоханими у свою професію, творили історію. Президент канадійської компанії «Aurora Pacific» Walter Stunder, друг і колега Леоніда Станіславовича Галецького казав про нього: «Він жив з Україною в серці». Всесвітньо відомий фахівець, геолог, справжній державотворець, життєрадісна людина потужної харизми він ніс добро людям. Його життєве кредо вченого й людини: «Віддавати краще, ніж брати», «Жити в гармонії із собою», «Любов, краса, добро врятують світ» актуальні донині.

Список використаних джерел:

1. Шаталов Н.Н. (2015) Металлогенист Леонид Станиславович Галецкий (к 80-летию со дня рождения). *Мінеральні ресурси України*, 2, С. 45-47.

2. Шаталов М.М. (2015) Пержанське берилієве родовище – український ексклюзив світового масштабу. *Вісник Національної академії наук України*, 12, С. 65-72.

3. Галецький Л.С., Чернієнко Н.М., Науменко У.З. (2016) Забезпечення першочергового освоєння Пержанського родовища берилію – світового ексклюзиву. *Третя*

науково-практична конференція «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування» Україна, м. Трускавець, 4-7 жовтня 2016 р., С. 51-56.

4. *Металогенія України* (2012). Звіт про НДР. Кн.1. Галецький Л. та ін. ІГН НАН України. Держ.реєстр 0109U000112.

5. Галецький Л.С., Шевченко Т.П., Чернієнко Н.М. (2008) Нові уявлення про геологічну структуру та металогенію території України. *Геологічний журнал*, 3, С. 74-83.

6. *An Atlas of the Geology and Minerals Deposits of Ukraine, scale 1:5000000* (2007). L.S.Galets'kyi, N.M.Cherniyenko, M.O.Akkulov, M.M.Baisarovych and other. Printed in Canada, Publisher – Toronto: University of Toronto Press.

7. Галецький Л.С., Яковлєв Є.О., Чернієнко Н.М. (2009) Зміна ролі і значення мінерально-сировинного потенціалу України в сучасних умовах. *Національна безпека: український вимір: щокв. наук. зб. Рада нац. безпеки і оборони України*, 4 (23), С. 32-38.

8. Галецький Л.С., Чернієнко Н.М. (2016) Надання особливого державного статусу стратегічним мінеральним ресурсам України для забезпечення її економічної та оборонної безпеки. *Третя науково-практична конференція "Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування"*, Україна, м. Трускавець, 4–7 жовтня 2016 р., С. 44-50.

9. Михайлов В.А., Шевченко В.І., Огар В.В. та ін. (2007). *Металічні корисні копалини України*. Підручник. К.: Київський університет. – 463 с.

10. Авторитетне зібрання, присвячене пам'яті колеги (2018) *Офіційний сайт Олевської територіальної громади*. https://olevsk-gromada.gov.ua/2018/03/01/avtoritetne-zibrannya-prisvyachene-pam-yati-kolegi/

УДК 553.048

ОГЛЯД ПІДХОДІВ ФОРМУВАННЯ ПЕРЕЛІКУ КРИТИЧНИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН В США, ЄС ТА УКРАЇНІ

***Сафронова Н.Г.**, 1sanige80@gmail.com;*
***Баряцька Н.В.**, д. геол. н., BariatskaN@gmail.com;*
ТОВ «Софтмайн», м. Київ, Україна

У статті представлені результати аналізу методичних підходів до формування переліків критичних корисних копалин (мінеральної сировини) Сполучених Штатів Америки, Європейського Союзу та України. Порівняння переліків критичних і стратегічних корисних копалин за цими регіонами показало, що незважаючи на методологічні відмінності, переліки мають багато спільного. Впровадження міжнародних підходів до оцінки критичності в Україні є надзвичайно важливим у контексті спільного видобутку корисних копалин зі Сполученими Штатами та європейської інтеграції.

OVERVIEW OF APPROACHES TO CRITICAL MINERALS LISTING IN THE US, EU AND UKRAINE

***Safronova N.**, 1sanige80@gmail.com;*
***Bariatska N.**, Dr. Sci. (Geol.), BariatskaN@gmail.com;*
Softmine LLC, Kyiv, Ukraine

The article presents the results of an analysis of methodological approaches to the formation of lists of critical minerals (mineral raw materials) in the United States, the European Union, and Ukraine. Despite differences in methodology, the lists of critical and strategic minerals in these regions exhibit significant overlap. The implementation of international approaches to criticality assessment in Ukraine is highly important in the context of joint mineral extraction with the United States and European integration.

Вступ. У сучасних геополітичних та економічних умовах питання забезпечення критично важливою мінеральною сировиною набуває особливої актуальності. Критичні корисні копалини відіграють ключову роль у розвитку високотехнологічних галузей, енергетичному переході та національній безпеці. Уряди різних країн та регіонів формують власні переліки таких ресурсів, спираючись на внутрішні потреби, ризики постачання та глобальні тенденції.

Методика визначення критичності корисних копалин США. У 2025 році Геологічна служба США (USGS) представила оновлену методику оцінки критичності мінеральних ресурсів, яка має на меті забезпечити економічну безпеку країни в умовах глобальної нестабільності постачання [12]. Цей підхід дозволяє обґрунтовано формувати перелік критичної сировини, що є основою для стратегічного планування, інвестицій та міжнародної співпраці.

Критичність сировини визначається як її потенційний вплив на економіку США у випадку порушення постачання. Методика враховує не лише геологічні запаси, а й економічні, технологічні та геополітичні чинники.

Оцінка критичності сировини базується на двох ключових критеріях:

1. Економічний вплив припинення імпорту. USGS моделює понад 1200 сценаріїв, у яких імпорт сировини з окремих країн повністю припиняється на один рік. Для кожного сценарію аналізується, як це вплине на внутрішній ринок США: зміну цін, обсягів виробництва, доступності сировини та валовий внутрішній продукт (ВВП). Результати виражаються у вигляді зниження ВВП, з урахуванням ймовірності кожного сценарію. Це дозволяє класифікувати сировину за рівнем ризику — від незначного до високого.
2. Наявність єдиного виробника в США (Single Point of Failure). Якщо сировина не потрапляє до списку за першим критерієм, USGS додатково перевіряє, чи існує лише один виробник в країні. Через такі ризики перебоїв у постачанні сировина також може бути визнана критичною.

Методика охоплює широкий спектр даних: обсяги первинного та вторинного виробництва, імпорту, експорту та запасів, динамічність цін і попиту, потужність виробництва в інших країнах, галузь-споживач та його внесок у ВВП, ймовірність

геополітичних ризиків, оцінена за допомогою машинного навчання. Для моделювання економічного впливу використовується міжгалузева модель на основі таблиць BEA (Bureau of Economic Analysis), які створює Бюро економічного аналізу США, що охоплює 402 галузі економіки США.

Категорії ризику в методиці USGS визначалися на основі статистичного аналізу очікуваних економічних втрат для США у випадку порушення постачання мінеральних ресурсів. Для визначення показника *Ймовірно-зважене зниження ВВП США* (тобто очікувані втрати ВВП, помножені на ймовірність сценарію порушення постачання) використовувались:

- Метод Jenks natural breaks — статистичний алгоритм, який оптимально розбиває дані на класи, мінімізуючи варіацію всередині кожної групи та максимізуючи різницю між ними.
- Метод "elbow" — допоміжний інструмент для визначення оптимальної кількості категорій, щоб уникнути надмірної деталізації (overfitting).

Цей підхід дозволяє не лише ранжувати види сировини за ризиком, а й порівнювати їх між собою та з іншими економічними загрозами. Сировина рекомендується до включення у перелік, якщо:

- Потрапляє до категорії *помірного ризику або вище* (тобто >2 млн $ втрат ВВП).
- Або має *єдиного виробника в США* (Single Point of Failure — SPOF), навіть якщо економічний ризик нижчий.

В результаті такого аналізу у 2025 році USGS рекомендувала:

- Додати до переліку критичної сировини: калій, кремній, мідь, срібло, реній, свинець.
- Вилучити з переліку: арсен, телурій.

Методика визначення критичності сировини у Європейському Союзі. У 2017 р. ЄС розробив директивний документ, який містить керівні принципи визначення та методику оцінки критичної мінеральної сировини (КМС) [13], яку було уточнено у фінальному звіті дослідження КМС для ЄС 2023 р. [11].

Критичною вважається сировина, яка: є життєво важливою для ключових секторів економіки ЄС, таких як відновлювана енергетика, електромобілі, цифрові технології, оборонна промисловість; мають високий ризик постачання, тобто ЄС залежить від імпорту з обмеженої кількості країн, часто з нестабільною політичною ситуацією[11].

Європейська Комісія застосовує двокомпонентну модель оцінки критичності, яка поєднує два основні показники:

1. Економічна важливість (Economic Importance) - відображає на скільки сировина є незамінною для галузей, що мають високий внесок у ВВП ЄС. Наприклад, літій є критичним для виробництва акумуляторів, а неодим — для електродвигунів у вітрових турбінах. Оцінка базується на міжгалузевих таблицях, які показують, як сировина використовується у виробничих ланцюгах, і який економічний ефект має його дефіцит.

2. Ризик постачання (Supply Risk) - враховує географічну концентрацію видобування; імпортозалежність ЄС; політичну стабільність країн-постачальників; екологічні та соціальні ризики; можливість заміни або переробки.

Для кожного виду сировини обчислюється індекс ризику, який поєднує ці фактори в єдину оцінку. Окрім економічних показників враховується також екологічна та соціальна відповідальність:

- КМС-політика інтегрована в Зелений курс ЄС (Green Deal);
- стимулюється розвиток циркулярної економіки – переробка, повторне використання, зменшення залежності від первинного видобування;
- підтримуються дослідження щодо замінників критичної сировини.

У Європейському Союзі поняття критичної та стратегічної мінеральної сировини визначено в рамках законодавчої ініціативи Critical Raw Materials Act (CRMA) [10], ухваленої у 2023 році. Критичними вважаються ті види сировини, які мають високе

економічне значення для ЄС та супроводжуються ризиками перебоїв у постачанні. Вони є ключовими для розвитку цифрових технологій, зеленої енергетики, а також оборонної та аерокосмічної промисловості.

Стратегічна мінеральна сировина, згідно з CRMA, є підмножиною критичної та має вирішальне значення для реалізації довгострокових політик ЄС, зокрема у сферах клімату, цифровізації та безпеки. До стратегічних ресурсів належать ті, що використовуються у виробництві технологій майбутнього — акумуляторів, електродвигунів, сонячних панелей, мікрочипів тощо. Такий підхід дозволяє ЄС формувати пріоритети у видобутку та переробці ресурсів, а також розвивати стратегічні партнерства на міжнародному рівні.

У межах Регламенту (ЄС) 2024/1252 [14] Єврокомісія здійснює процедуру визнання стратегічних проєктів у сфері критичної сировини. 25 березня 2025 року комісія офіційно затвердила 47 стратегічних проєктів [8], розташованих на території ЄС, а 4 червня 2025 року - 13 стратегічних проєктів за межами ЄС [9].

Підходи до визначення критичних корисних копалин в Україні. Визначення критичних корисних копалин є складовою реалізації Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України до 2030 року. Згідно з Планом Ukraine Facility [4]. Україна має впровадити розділ «Управління критично важливими матеріалами», що включає цифровізацію, аудит запасів та залучення іноземних партнерів. Ключовим нормативним актом у цьому напрямі став Закон України №4154-IX від 18.12.2024 [2], який закріплює нормативну основу для визначення переліків критичних та стратегічних корисних копалин. На його виконання Кабінет Міністрів України затвердив відповідні переліки Постановою №845 від 14.07.2025 [6].

Стратегічні корисні копалини — це види сировини, які мають вирішальне значення для національної безпеки, обороноздатності, енергетики та технологічної незалежності. Їх пропозиція на світовому ринку може суттєво відставати від прогнозованого попиту, що створює ризики для реалізації державних пріоритетів [3, ст. 6].

Критичні корисні копалини — це ресурси, важливі для сталого розвитку економіки та промисловості, щодо яких немає замінників на сучасному рівні технологій, і які супроводжуються високими ризиками перебоїв у постачанні [3, ст. 6].

Порівняння методик визначення критичності корисних копалин. США та ЄС використовують різні підходи та інструменти для визначення критичності корисних копалин (мінеральної сировини), маючи на меті формування відповідних переліків (табл. 1). Методика США широко використовує моделювання та статистичну обробку великих обсягів фактичних даних, у той час методика ЄС більше застосовує економічні розрахунки. Україна наразі перебуває у специфічній економічній ситуації, яка потребує неординарних підходів, але окремі елементи можуть використовуватись для створення власної методики визначення критичності корисних копалин [1].

Таблиця 1. Порівняння методик визначення критичності корисних копалин

Критерій	США (USGS)	ЄС (Єврокомісія)	Україна
Основний підхід	Економічне моделювання впливу на ВВП + SPOF (єдиний виробник)	Використовують два ключові параметри: економічна важливість (EI) і ризик постачання (SR)	Наразі Україна не має власної затвердженої методики
Ключові критерії	Зниження ВВП у разі припинення імпорту; Ймовірність сценарію; SPOF	Важливість для стратегічних секторів; Геополітичний ризик; Можливості заміни	Ресурсна база, євро-стратегічне значення
Джерела даних	BEA (міжгалузеві таблиці); Ринкові моделі	Eurostat; UN Comtrade; Експертні оцінки; Галузеві опитування	Не очевидні
Частота оновлення	Раз на 3 роки	Раз на 3 роки	За потреби, згідно з державною програмою

Критерій	США (USGS)	ЄС (Єврокомісія)	Україна
Врахування екологічних аспектів	Ні	Оцінює екологічну та соціальну сталість джерел постачання, підтримує розвиток вторинного ринку (рециклінг).	Ні
Інструменти оцінки	Моделювання понад 1200 сценаріїв, міжгалузевий аналіз, машинне навчання	Індекси, сценарний аналіз, оцінка можливості заміни	Переліковий підхід
Прозорість визначення критичності	Відкриті моделі, публічні звіти	Опубліковані шкали та пороги з обмеженою детальністю	Наразі непрозоро
Зв'язок з оборонною політикою	Критичність пов'язана з національною безпекою	Фокус більше на економічних чи технологічних аспектах, без конкретного акценту на оборону	Стратегічні корисні копалини мають критичне значення для обороноздатності

Порівняння переліків критичних корисних копалин для США, ЄС та України. Авторами було виконано порівняльний аналіз попереднього переліку критичних корисних копалин США 2025 року, що включає 54 корисні копалини [12]; переліків критичної і стратегічної сировини ЄС 2023 року, який визначає 34 критичних та 16 стратегічних типів сировини [10]; переліки критичних і стратегічних корисних копалин України 2025 року, які включають 28 критичних і 11 стратегічних корисних копалин [6]. Результати порівняння показано у табл. 2 і рис. 1.

Таблиця 2. Порівняння переліків критичних корисних копалин США, ЄС та України*

Назва	Символ	США [12]	ЄС [11]		Україна [6]	
		критичні	критичні	стратегічні	критичні	стратегічні
Алюміній/боксити	Al	✓	✓		✓	✓
Барит	Ba	✓	✓			
Берилій	Be	✓	✓		✓	✓
Бор	B		✓	✓		
Ванадій	V	✓	✓	✓	✓	
Вісмут	Bi	✓	✓	✓	✓	
Вольфрам	W	✓	✓	✓	✓	
Галій	Ga	✓	✓	✓	✓	
Гафній	Hf	✓	✓		✓	
Гелій	He		✓			
Германій	Ge	✓	✓	✓		
Графіт	C	✓	✓	✓		
Індій	In	✓			✓	
Іридій	Ir	✓				
Кобальт	Co	✓	✓	✓	✓	
Коксівне вугілля			✓	✓		
Літій	Li	✓	✓	✓	✓	
Магній	Mg	✓	✓			
Марганець	Mn	✓	✓	✓		
Металевий кремній		✓	✓	✓		
Миш'як	As		✓		✓	
Мідь	Cu	✓		✓	✓	✓
Нікель	Ni	✓		✓	✓	✓
Ніобій	Nb	✓	✓		✓	✓
Олово	Sn	✓			✓	
Паладій	Pd	✓				

Назва	Символ	США [12]	ЄС [11]		Україна [6]	
		критичні	критичні	стратегічні	критичні	стратегічні
Платиноїди		✓	✓	✓		
Польовий шпат			✓			
Реній		✓				
РЗЕ		✓	✓	✓	✓	
Родій	Rh	✓				
Рубідій	Rb	✓				
Рутеній	Ru	✓				
Свинець	Pb	✓			✓	
Сіль калійна		✓			✓	
Срібло	Ag	✓				
Стронцій	Sr		✓		✓	✓
Сурма	Sb	✓	✓		✓	
Тантал	Ta	✓	✓		✓	✓
Телур	Te				✓	
Титан	Ti	✓	✓	✓	✓	✓
Уран	U				✓	✓
Флюорит	CaF_2	✓	✓		✓	✓
Фосфор/ Фосфорити	P		✓			
Хром	Cr	✓				
Цезій	Cs	✓			✓	
Цинк	Zn	✓			✓	
Цирконій	Zr	✓			✓	✓
		54	**34**	**16**	**28**	**11**

* жовтогарячим кольором позначені критичні корисні копалини спільні для США, ЄС та України; блакитним – США та України; зеленим – ЄС та України.

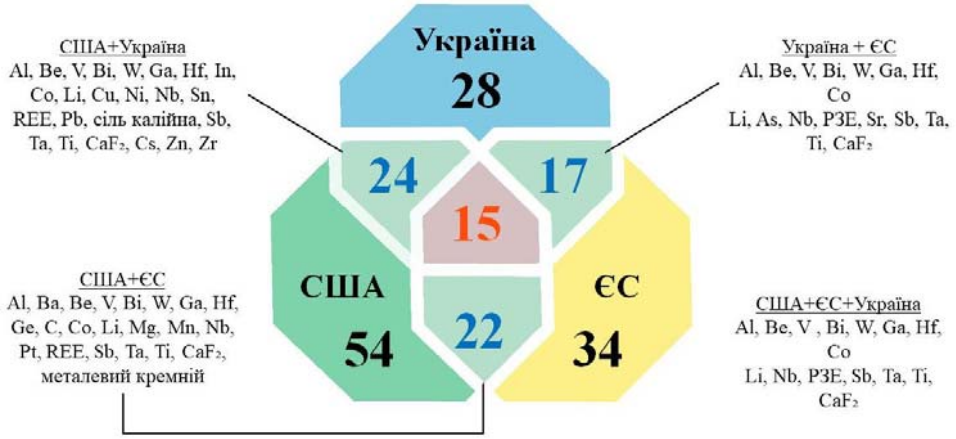


Рис. 1. Результати порівняння переліків критичних корисних копалин США, ЄС та України

Порівняльний аналіз переліків критичних та стратегічних корисних копалин (сировини) показав, що 15 видів корисних копалин є спільними для всіх трьох переліків; 17 – для України та ЄС; 24 – для України та США; 22 – для США та ЄС.

Висновки. Порівняння підходів до формування переліків критичних корисних копалин показало, що методики США і ЄС мають суттєві методологічні відмінності, при цьому їхні переліки мають досить багато спільного. Для України запровадження міжнародних підходів до визначення критичності, закріплення у нормативно-правовій базі відповідної термінології є дуже актуальним у контексті підписання угод щодо спільного видобування корисних копалин із США та європейської інтеграції України.

Список використаних джерел:

1. Баряцька Н. В. Критичні Корисні копалини: впровадження міжнародних підходів в Україні // Мінеральні ресурси України. – 2025. – № 2. – С. 28 – 33. https://doi.org/10.31996/mru.2025.2.28-33
2. Закон України №4154-IX від 18.12.2024 року. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо оновлення Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року та регулювання деяких питань стосовно корисних копалин та компонентів стратегічного та критичного значення. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4154-20#Text
3. Кодекс України про надра. Закон України № 132-94. 1994. http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/ 132/94-%D0%B2%D1%80
4. План Ukraine Facility. https://www.ukrainefacility.me.gov.ua/
5. Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року: Закон України від 21.04.2011 № 3268-VI. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3268-17#Text
6. Про затвердження переліків корисних копалин та компонентів стратегічного та критичного значення і переліків ділянок надр (родовищ корисних копалин) стратегічного та (або) критичного значення. Постанова кабінету міністрів №845 від 14 липня 2025 р. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/845-2025-%D0%BF#Text
7. Угода між Урядом України та Урядом Сполучених Штатів Америки про створення Американсько-українського інвестиційного фонду відбудови https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/840_001-25#Text
8. COMMISSION DECISION of 25.3.2025 recognising certain critical raw material projects as Strategic Projects under Regulation (EU) 2024/1252 of the European Parliament and of the Council https://webgate.ec.europa.eu/circabc-ewpp/d/d/workspace/SpacesStore/1958718b-21e9-40f4-9c9f-42a58dc4c5a3/download
9. COMMISSION DECISION of 4.6.2025 recognising certain critical raw material projects located in third countries and in overseas countries or territories as Strategic Projects under Regulation (EU) 2024/1252 of the European Parliament and of the Council https://single-market-economy.ec.europa.eu/document/download/808502c2-21c7-4ca8-855f-ff0b528f91c4_en?filename=C_2025_3491_1_EN_ACT_part1_v4.pdf
10. Critical raw materials act. https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/747898/EPRS_BRI(2023)747898_EN.pdf
11. Grohol M. and Veeh C. Study on the Critical Raw Materials for the EU. 2023. Final Report. – DG GROW, European Commission, 2023. – 160 p. https://ec.europa.eu/docsroom/documents/54114/attachments/1/translations/en/renditions/native
12. Methodology and Technical Input for the 2025 U.S. List of Critical Minerals - Assessing the Potential Effects of Mineral Commodity Supply Chain Disruptions on the U.S. Economy. 2025. N.T. Nassar, D. Pineault, and ect./ https://doi.org/10.3133/ofr20251047
13. Methodology for Establishing the EU List of Critical raw Materials. – Guidelines: European Commission, 2017. – 26 p. https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/2d43b7e2-66ac-11e7-b2f2-01aa75ed71a1
14. Regulation (EU) 2024/1252 of the European Parliament and of the Council of 11 April 2024 establishing a framework for ensuring a secure and sustainable supply of critical raw materials and amending Regulations (EU) No 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1724 and (EU) 2019/1020 (Text with EEA relevance) http://data.europa.eu/eli/reg/2024/1252/oj

UDC 528.4:550.8:553.04:004.9

GEOINFORMATION SUPPORT FOR THE PROSPECTING OF CRITICAL RAW MATERIAL DEPOSITS

***Bovsunivskyi P.**, Cand. Sci. (Pol.), Assoc. prof., p.bovsunivskyi@geomail.kiev.ua,*
***Melnyk I.**, Cand. Sci. (Geol.), igmel@ukr.net,*
***Kuzmanenko H.**, Cand. Sci. (Geol.), geology7@ukr.net,*
***Okholina T.**, Cand. Sci. (Geol.), svilya@ukr.net,*
The State Research and Development Enterprise "Geoinform of Ukraine", Kyiv, Ukraine

This paper examines modern approaches to the prospecting of critical mineral deposits within the Ukrainian Shield using Geographic Information Systems (GIS).

The research is carried out within the framework of the European projects under the Horizon Europe program, aimed at enabling seamless exchange of accurate raw materials data across the European Union and partner countries. These projects increase Ukraine's investment potential in the raw materials sector, promoting exploration opportunities, thereby supporting the implementation of the EU-Ukraine Strategic Partnership.

As part of the projects, an Earth Observation (EO) platform – has been developed, combining state-of-the-art Natural Language Processing (NLP) tools powered by Artificial Intelligence (AI) with advanced proprietary Artificial Intelligence Knowledge Packs (AIKPs). These tools streamline complex computational processes and ensure seamless access to unique, validated combinations of geological and remote sensing data, sector-specific knowledge, and multipurpose mapping technologies for stakeholders in the geological and mining industries.

Keywords: critical raw materials, GIS, artificial intelligence, Earth observation, Ukrainian Shield, investment potential, Ukraine-EU strategic partnership.

Introduction. Critical minerals are essential for national economies and strategic industries such as aerospace, medical, and automotive sectors. They also serve as key inputs for green energy, high-tech industries, and defense applications. The growing demand for CRMs drives the digital transformation of geological research. In this context, GIS emerges as a pivotal tool, enabling spatial modeling, integration of multicomponent datasets, and high-precision forecasting of mineral potential.

The Ukrainian Shield is the principal source of metallic ores in Ukraine, particularly manganese, titanium, rare earth elements, and other strategically important minerals. It covers 36 geological map sheets at a scale of 1:200,000 (fig. 1), which contain rich lithological, tectonic, stratigraphic, and mineralogical information. However, much of this data remains in analog format, limiting its use in modern research and applied tasks.

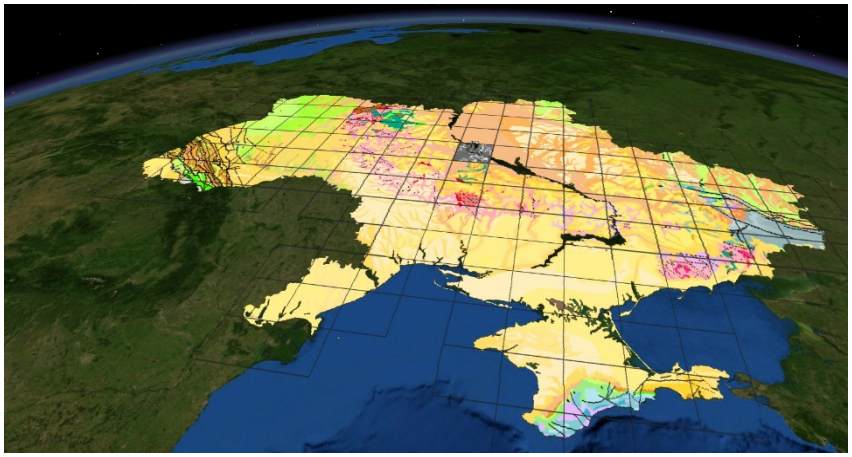


Fig. 1. Geological map of Ukraine with sheet division of scale 1:200 000

Research objective and methodology. The study focuses on spatial analysis of geological information using GIS methods to forecast critical raw material deposits, demonstrated on Sheet M-36-XX (Korsun-Shevchenkivskyi).

The workflow includes several stages:

1. Collection of data from 1:200,000 geological surveys and development of a geodatabase structure with necessary semantic information.

2. Digitization of geological maps, including Sheet M-36-XX, characterized by complex geological structures and promising ore occurrences.

3. Creation of shapefiles for Precambrian basement formations, weathering crust, Mesozoic and Cenozoic deposits. These layers contain lithological complexes (granites, gneisses, charnockites, sedimentary sequences), tectonic structures (faults, fractures, shear zones), and known mineralization points (fig. 2).

The GIS project, developed in ArcGIS, represents each dataset as an individual thematic layer with attribute information. This digital model supports spatial analysis and helps address key questions on the genesis, localization, and timing of ore formation. All spatial data were harmonized using the WGS 84 coordinate system.

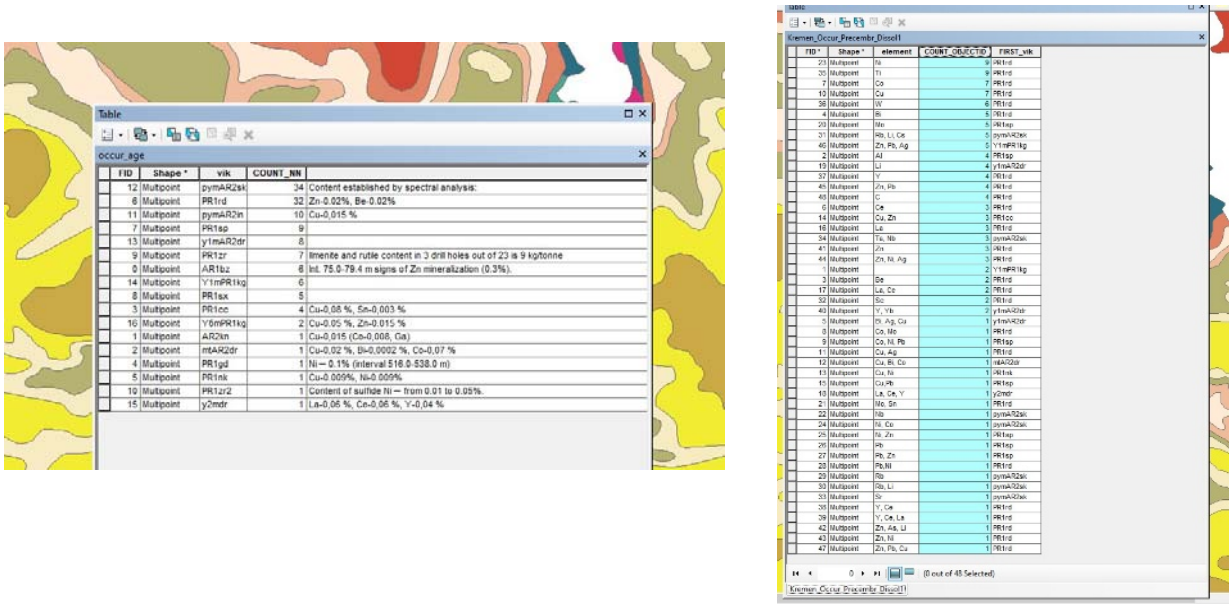


Fig. 2. General distribution of ore occurrences of critical raw materials by deposits of different ages (left). Distribution of commodities by formations of different ages (right)

Main results. The studied territory covers the Middle Dnipro and Inhul megablocks and the Inhulets–Kryvyi Rih suture zone. Precambrian formations include Archean and Paleoproterozoic metamorphic and magmatic rocks (plagiogranitoids, volcanic formations of the Konk Series, and metasediments of the Kryvyi Rih and Inhulo-Inhulets series) [1] (fig. 3).

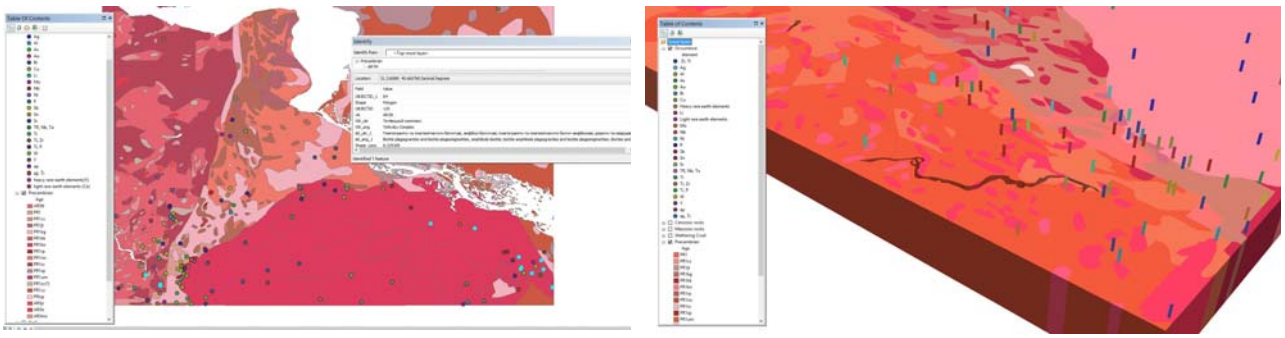


Fig. 3. Precambrian formations Sheet M-36-XX (Korsun-Shevchenkivskyi)

The weathering crust of Sheet M-36-XX exhibits a full vertical profile (fig. 4) with three distinct zones: disintegration, kaolinite–hydromica or hydromica–montmorillonite, and kaolinite–montmorillonite. Critical raw materials concentrate mainly in the upper zone enriched by secondary processes. Mapping and modeling of this zone are crucial for predicting new mineralization targets.

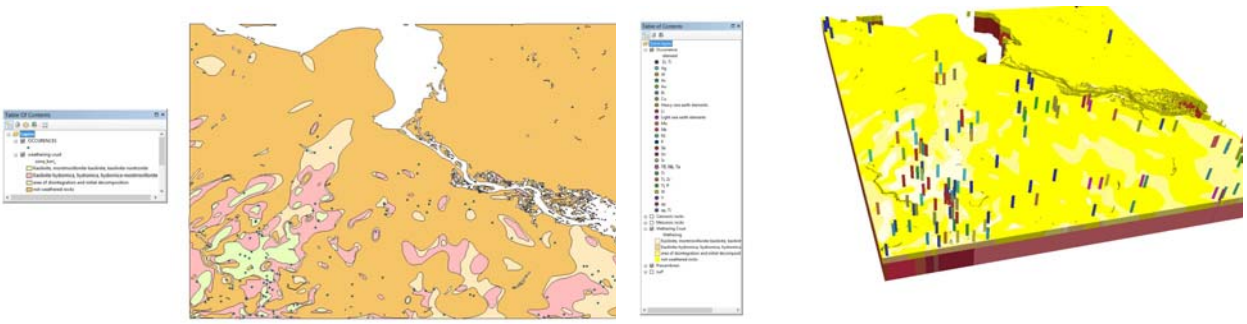


Fig. 4. Weathering Crust Sheet M-36-XX (Korsun-Shevchenkivskyi)

Mesozoic formations, represented as a separate GIS layer (fig. 5), though not primary ore sources, played a role in the evolution of weathering crusts capable of concentrating CRMs. The most promising units are Upper Cretaceous terrigenous sediments along the Dnipro River, where occurrences of critical raw materials were documented.

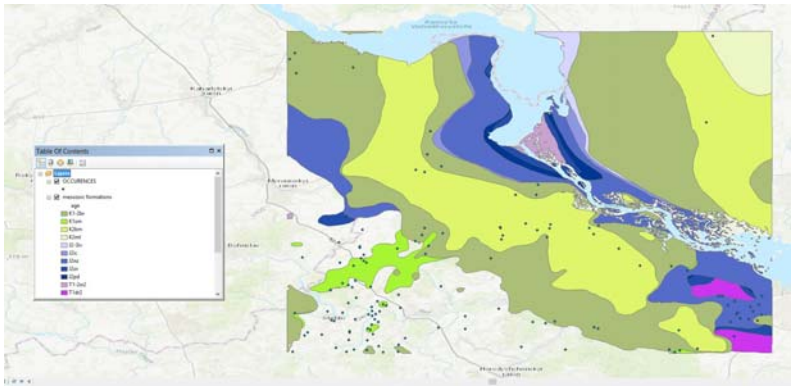


Fig. 5. Mesozoic formations Sheet M-36-XX (Korsun-Shevchenkivskyi)

Cenozoic deposits (fig. 6) also host secondary enrichment zones, with mineralization concentrated within river valleys. Three-dimensional geological models (fig. 7) show spatial correlation of ore occurrences with geomorphological and tectonic features, highlighting processes of secondary accumulation of CRMs in younger sediments.

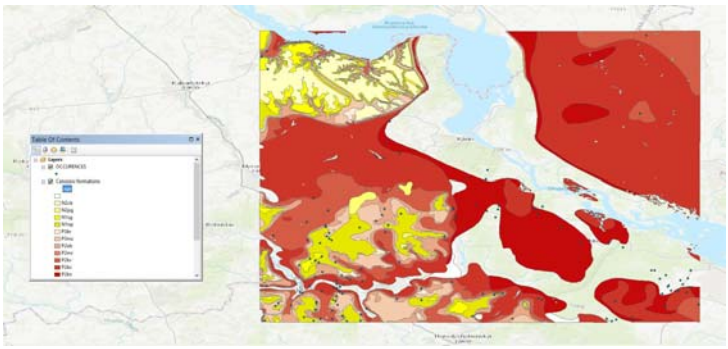


Fig. 6. Cenozoic formations Sheet M-36-XX (Korsun-Shevchenkivskyi)

Spatial analysis included density mapping, buffer analysis around tectonic structures, and cross-layer correlation. For instance, lithium mineralization demonstrates spatial dependence on pegmatitic bodies within fault zones. Thematic maps revealed genetic links between mineralization and specific formations, supporting predictions for undiscovered deposits.

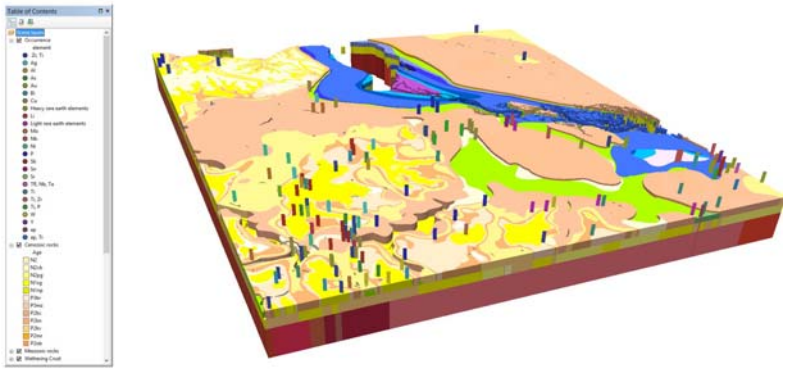


Fig. 7. Occurrences and geological formations sheet M-36-XX (Korsun-Shevchenkivskyi)

Discussion and Outlook. These mineral occurrences may be attributed to secondary enrichment processes, whereby weathering products of Precambrian rocks were subsequently accumulated within Cenozoic deposits. Such geomorphological and hydrogeological conditions provided favorable environments for the concentration of critical elements in zones of fluvial and accumulative activity. To assess these processes, a comprehensive spatial analysis was performed, including mineralization density mapping, buffer analysis around tectonic structures, and cross-layer correlation of geological units. The results indicate that lithium mineralization exhibits a clear spatial dependence on pegmatitic bodies situated along fault zones.

The visualization of results through thematic mapping revealed genetic links between mineralization and specific lithological formations. Moreover, the analysis of ore occurrences across rocks of varying ages and mineralogical compositions has provided new insights into the potential of existing deposits and has identified areas prospective for future exploration.

Subsequent stages of this research will employ the Observation (EO) platform to strengthen correlations between ore distribution patterns, prospective exploration areas, and EO data analytics. Participation in the European projects expands the scope of artificial intelligence (AI) training datasets through the integration of satellite remote sensing data, thereby significantly enhancing predictive efficiency. The project consortium includes leading European geological surveys, mining companies, and IT developers, with financial support from the European Commission.

The combined application of AI, multi-spectral EO datasets, and geological exploration results demonstrates a highly effective methodology for detecting and forecasting the distribution of critical raw materials. The State Research and Development Enterprise “Geoinform of Ukraine” continues to advance the development, refinement, and implementation of modern approaches to geological exploration in Ukraine.

Conclusions

- The case study of Sheet M-36-XX (Korsun-Shevchenkivskyi) demonstrates the efficiency of digital modeling for predicting new deposits.
- Thematic maps of mineral potential were produced, and promising exploration areas were delineated.
- So far, spatial analysis has been conducted for 15 sheets of the Ukrainian Shield, documenting 1340 objects (geochemical anomalies, mineralization points, ore occurrences). It is forecasted that more than 5,000 such objects could be identified across the Shield.
- The proposed methodology is scalable to other regions and datasets, including satellite EO data.

Mineral occurrences can be presented to investors as individual exploration targets. The integration of geological information, EO imagery, and AI analysis enables reliable identification of priority areas for geological exploration and investment.

References:

1. Tsyba M.M., Azovskyi S.M., Kryvyi Rih Regional Geological Enterprise. Report on Geological Study of Subsoil. Geological Structure and Mineral Exploration of the Kaniv Dnieper Region. Sheet M-36-XX (Korsun-Shevchenkivskyi). Dnipro: KP "Pivnichgeologiya", 2011.

УДК 553.49 : 504.06

THE IMPACT OF RARE EARTH METAL EXTRACTION AND PROCESSING AND THE STATE OF THE ENVIRONMENT

Davydova I.[1], *Cand. Sci. (Agric.), Assoc. Prof., div@ztu.edu.ua;*
Bondarchuk V.[1], *kvm_bvm@ztu.edu.ua;*
Shlapak V.[1], *Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof., v.shlapak@ztu.edu.ua;*
Shlapak S.[2], *postgraduate, v.shlapak@ztu.edu.ua;*
1 – Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine,
2 – Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv, Ukraine

The article examines the environmental aspects of extracting and enriching rare earth and critical mineral resources in Ukraine. The impact of significant types of minerals (lithium, beryllium, niobium, tantalum, zirconium, rare earth elements, titanium, uranium, and graphite) on the environment at various stages of their development has been analyzed. It has been established that the most hazardous are uranium and rare earth ores, which combine chemical and radiation risks. Large volumes of tailings, toxic slags, high water consumption, and the formation of dust emissions also pose significant threats. A comprehensive set of measures has been proposed to minimize impact: implementation of closed-loop water supply systems, use of dust suppression systems, environmentally safe waste management, land reclamation, and enhanced monitoring. It has been proven that effective management of environmental risks is only possible through integrating modern technologies, state control, and engagement of local communities. The research results can be utilized to form state strategies for developing the mining industry and environmental security of Ukraine.

ВПЛИВ ВИДОБУВАННЯ ТА ЗБАГАЧЕННЯ РІДКОЗЕМЕЛЬНИХ МЕТАЛІВ ТА СТАН НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Давидова І.В.[1]*, к. сільс. н., доцент, div@ztu.edu.ua;*
Бондарчук В.М.[1]*, kvm_bvm@ztu.edu.ua;*
Шлапак В.О.[1]*, к. тех. н., доцент v.shlapak@ztu.edu.ua;*
Шлапак С.О.[2]*, v.shlapak@ztu.edu.ua;*
1 – Державний університет «Житомирська політехніка», Житомир, Україна,
2 – аспірант, Східноукраїнський національний університет імені Влодимира Даля, м. Київ, Україна

У статті розглянуто екологічні аспекти видобування та збагачення рідкоземельних і критичних мінеральних ресурсів України. Проаналізовано вплив основних видів мінералів (літію, берилію, ніобію, танталу, цирконію, рідкоземельних елементів, титану, урану та графіту) на довкілля на різних етапах їх освоєння. Встановлено, що найбільш небезпечними є уранові та рідкоземельні руди, які поєднують хімічні й радіаційні ризики. Значну загрозу також становлять великі обсяги хвостів, токсичні шлами, високе водоспоживання й утворення пилових викидів. Запропоновано комплекс заходів для мінімізації впливу: впровадження замкнених циклів водопостачання, використання систем пилоподавлення, екологічно безпечне поводження з відходами, рекультивація земель та посилення моніторингу. Доведено, що ефективне управління екологічними ризиками можливе лише за умов інтеграції сучасних технологій, державного контролю та залучення місцевих громад. Результати дослідження можуть бути використані при формуванні державних стратегій розвитку гірничодобувної галузі та екологічної безпеки України.

Introduction. Rare earth metals (REMs) are strategic raw materials for modern technologies: from smartphone and computer production to renewable energy systems and electric vehicles. They are indispensable in high-tech industries, yet their extraction and processing have significant environmental consequences. Demand for them is rapidly growing due to global energy transformation and transportation electrification, making ensuring their accessibility a strategic task for many countries worldwide [1].

The primary REM deposits are in China, the USA, Australia, and Africa. Extraction is mainly conducted through open-pit mining, which destroys soil cover and landscapes, leading to loss of biodiversity, soil erosion, and dust pollution. During mining operations and hydrometallurgical processes, large volumes of tailings, acid drainage, and heavy metals are generated, which can contaminate soils, surface and groundwater, and accumulate in food chains [2]. Additionally, rare earth metal ores often contain uranium, thorium, and other radioactive elements. This creates additional risks for the environment and public health.

Empirical studies using examples of the largest deposits demonstrate real environmental and social consequences. Industrial regions such as Bayan-Obo (China) have become zonally contaminated with fluorine, arsenic, heavy metals, and elevated levels of natural radioactivity — causing soil degradation, biodiversity reduction, and health risks for local communities [3]. In parallel, cases of uncontrolled mining in Myanmar and controversies surrounding processing plants in Malaysia underscore both environmental and socio-political risks associated with REM supply chains [4].

Recent reviews of toxicology and ecotoxicology emphasize that while REMs were traditionally considered less studied in terms of acute toxicity, cumulative and chronic effects on organisms and humans reveal potentially serious risks (kidney and lung function disorders, neurotoxic effects) and require further study, especially in the context of combined effects of mixed pollutants and radionuclides [5].

A synthesis of existing scientific approaches shows that comprehensive research is necessary for forming balanced policy and environmental management: from mapping the spatial distribution of contamination and LCA (life-cycle assessment) to studies of mechanistic toxicity and development of tailings treatment/requalification technologies [2]. At the same time, a practical gap exists between scientific knowledge and its application in regulation and mining practices, which complicates the implementation of "cleaner" production chains.

Despite the growing number of publications, there is a deficit of interdisciplinary (geochemistry–ecotoxicology–social ecology) research that would simultaneously: a) quantitatively determine the distribution of REMs and associated pollutants in the environment (soil, water, biota); b) assess long-term risks to local population health; c) test the effectiveness of modern reclamation methods and emission reduction technologies at the level of extraction and beneficiation operations.

Our research aims to conduct an integrated analysis of environmental consequences of REM extraction and beneficiation using examples of representative regions, quantitatively assess environmental and health risks, and propose practical recommendations for monitoring, regulation, and technological mitigation of impacts. The relevance of this work is determined by the rapid growth in REM demand and the need to develop scientifically grounded approaches to minimizing environmental and social risks.

Main Content. Ukraine possesses significant potential in critical and rare earth elements, which is determined by the characteristics of its geological structure and developed mineral resource base. According to assessments by the State Service of Geology and Subsoil and within the framework of cooperation with the European Union, more than two dozen occurrences and deposits of rare earth elements and associated critical metals have been identified on the country's territory, among which lithium, niobium, tantalum, zirconium, and scandium are of particular interest [6]. Ukraine's share in global rare earth reserves is estimated at approximately 5%. Most of the known occurrences and deposits of rare earth and critical minerals (lithium, lanthanides, zirconium, beryllium, niobium/tantalum) are localized in several geological provinces — particularly within the Ukrainian Shield and in southeastern regions (Fig. 1).

The most promising regions for developing this sector are the Kirovohrad and Zhytomyr blocks of the Ukrainian Shield, where significant resources of titanium-zirconium ores with rare earth oxide admixtures are concentrated [7].

The Azov region is also important, rich in apatite-nepheline complexes, where both light and heavy rare earth elements have been discovered. Among them, neodymium and praseodymium deserve special mention, as they are indispensable for producing permanent magnets in wind turbines and electric motors, as well as dysprosium and terbium, which are widely used in the aerospace industry. The Pokrovsk-Mezhyrich lithium district in Dnipropetrovsk Oblast attracts particular attention, as it could become a strategic base for battery production while simultaneously containing scandium and rare earth admixtures [7].

This section builds nicely on the introduction by shifting from the global context of rare earth metal extraction to Ukraine's specific geological advantages and potential. The text

effectively establishes Ukraine as having substantial untapped resources that could be strategically important, particularly given the growing global demand for these materials that was outlined in the introduction. The geographic specificity and mention of elements like neodymium and dysprosium help readers understand the scope and practical applications of Ukraine's mineral wealth.

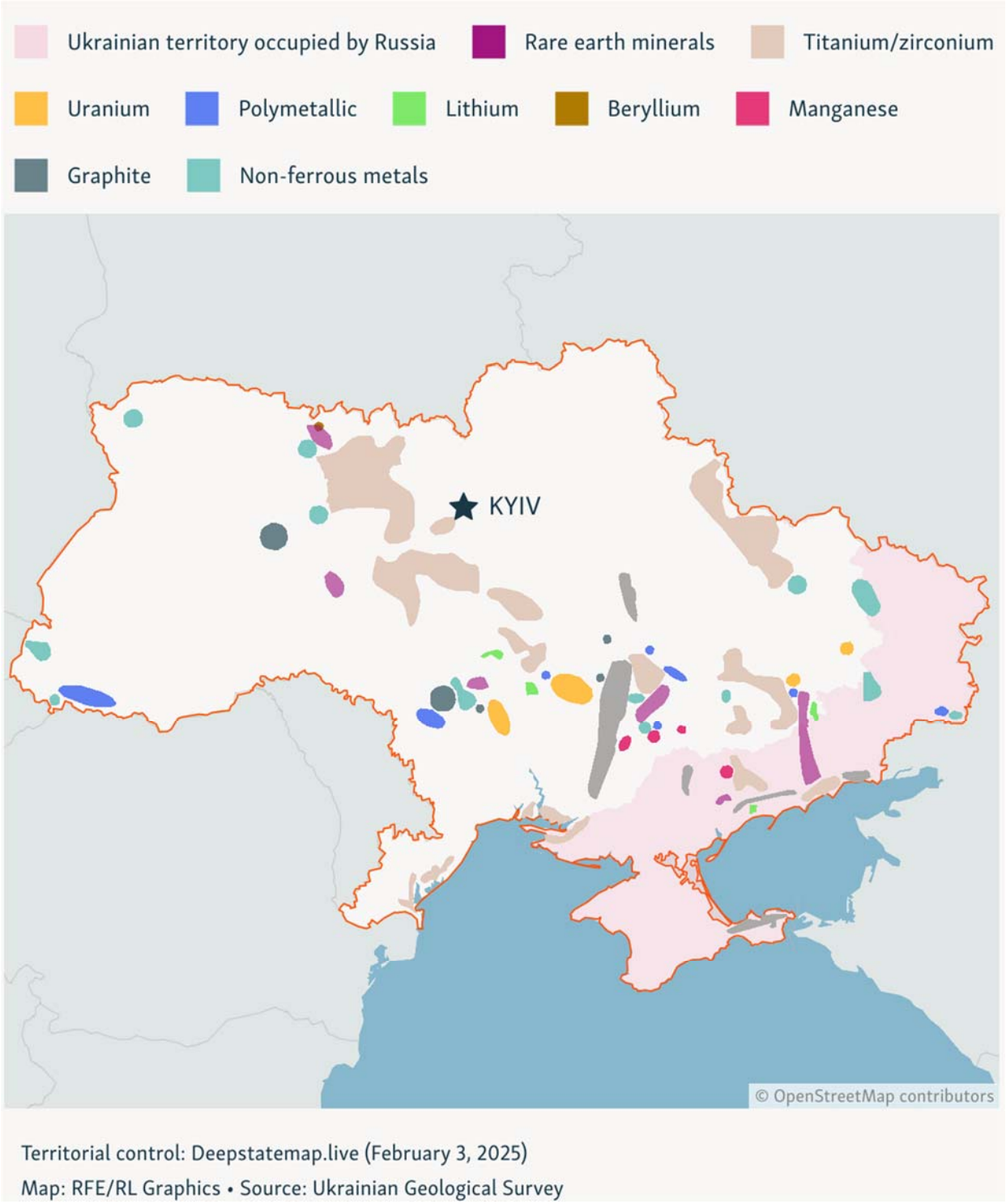


Рис. 1. Ukraine possesses substantial deposits of critical minerals, including rare earths [8]

The Volyn region, with its granitoid massifs, also demonstrates promising potential for beryllium, niobium, and tantalum, which, together with rare earth concentrates, form an important part of the critical raw material base. Thus, Ukraine has the opportunity to become not only a supplier of individual types of critical metals but also a comprehensive player in the European strategic resources market.

The strategic role of these resources is determined not only by industrial needs but also by geopolitical circumstances. Within the European Raw Materials Alliance (ERMA) framework, Ukraine is considered one of the key partners for reducing EU dependence on imports of rare earth elements and critical metals from China [9]. In the conditions of war and post-war reconstruction, this cooperation takes on additional significance, since developing its own resource base can become the foundation for the country's energy and technological integration into European supply chains.

At the same time, utilizing this potential is accompanied by several challenges. First, most Ukrainian deposits are characterized by complex ore compositions, which require implementing modern beneficiation technologies and environmentally safe methods of extracting valuable components. Second, it is important to consider the high environmental risks that could repeat the negative experience of China or Myanmar in the case of uncontrolled extraction. Therefore, there is an urgent need to create a state program for monitoring, regulation, and support of scientific research in the field of geochemistry and processing technologies, in order to avoid the "resource trap" and ensure socio-economic benefits for local communities.

The extraction and beneficiation of mineral resources are key factors in the anthropogenic environmental impact. Mining activities lead to the transformation of natural landscapes, soil degradation, loss of biodiversity, changes in water balance, and atmospheric pollution from dust and emissions. The processing and beneficiation stage of minerals has equally significant consequences, as it involves using large quantities of water and chemical reagents, the generation of waste and tailing ponds that pose long-term threats to ecosystems (Table 1).

Lithium extraction causes destruction of soil cover and vegetation, formation of significant volumes of dust, and transport emissions. Using pumping systems can reduce groundwater levels, which is especially dangerous for arid regions. During the beneficiation stage, lithium ores require large volumes of water, generating wastewater contaminated with solvents and salts, while tailings ponds accumulate lithium-containing residues that are potentially toxic.

Beryllium extraction destroys natural ecosystems and is accompanied by dust formation that poses risks to the respiratory systems of workers and the population. During beneficiation, dust aerosols and toxic slurries are formed, and there is a need for strict control of industrial emissions, since beryllium is a highly toxic element.

Niobium and tantalum extraction causes dust formation and soil erosion, leading to deposition of harmful particles in surrounding ecosystems. At the beneficiation stage, the main problem is the formation of tailings with high concentrations of heavy metals that require constant monitoring.

Zirconium extraction alters coastal and soil landscapes and is accompanied by dust emissions. At the beneficiation stage, ionic reagents are used for separation, which creates risks of harmful compounds entering the environment, while waste contains heavy admixtures that accumulate in tailings ponds.

Rare earth elements have one of the most destructive impacts during extraction. Mining is conducted in large open-pit quarries, leading to intensive erosion, disruption of the hydrological regime of territories, and loss of biotopes. During beneficiation, there are risks of acidification and contamination of water and soil, large volumes of waste are generated, and radiation hazards are documented due to uranium and thorium admixtures in the ore.

Titanium extraction causes destruction of coastal and soil landscapes, intensifies erosion processes, and generates significant amounts of dust. At the processing stage, the main threat is emissions of spent reagents and formation of tailings that may contain dangerous admixtures.

Uranium is the most environmentally dangerous. Its extraction creates risks of increased radiation and spread of radioactive dust and poses threats to workers and population health. Processing of uranium ores generates tailings ponds and filtrates that concentrate radionuclides. Such waste requires long-term monitoring and special protection systems, as it poses risks for decades.

Graphite extraction leads to landscape destruction and dust formation and can also cause water contamination during pumping. At the beneficiation stage, tailings with organic and mineral admixtures are formed, creating the need for water recirculation systems.

This comprehensive analysis reveals how each mineral presents unique environmental challenges that require specific mitigation strategies. Understanding these distinct impacts is crucial for developing targeted environmental protection measures and ensuring that Ukraine's mineral wealth can be developed sustainably while supporting local communities and broader European strategic goals.

Table 1. Environmental impact of extraction and beneficiation of rare earth and critical mineral resources of Ukraine, developed by the author based on literature sources [7, 10-12]

Mineral	Largest Deposits in Ukraine	Environmental Impact During Extraction	Environmental Impact During Processing/Beneficiation
Lithium (Li)	Polokhivske, Dobra, Shevchenkivske (Kirovohrad/Donetsk regions)	Soil and vegetation destruction; dust; transport emissions; possible groundwater depletion with pumping systems.	Requires large volumes of water; wastewater contaminated with solvents/salts; tailings with lithium-containing residues.
Beryllium (Be)	Perzhanske (Zhytomyr region)	Ecosystem destruction; dust; respiratory risks for workers.	Dust and aerosol generation; toxic sludges; need for emission control.
Niobium/ Tantalum (Nb/Ta)	Novopoltavske (Zaporizhzhia region)	Dust; erosion and deposition of harmful particles in surrounding ecosystems.	Tailings containing Nb/Ta and associated impurities; need to control heavy metals.
Zirconium (Zr)	Azovske (Donetsk region)	Alteration of coastal and soil landscapes, dust.	Dust emissions; ionic reagents used in separation; tailings with heavy impurities.
Rare Earth Elements (La, Ce, Nd, Y)	Novopoltavske (Zaporizhzhia region)	Large open pits, erosion, dust; altered hydro-regime; habitat loss.	Risk of acidification and contamination of water/soil; large volumes of tailings; radiation risks in waste.
Titanium (Ti)	Irshanske (Zhytomyr region)	Destruction of soils/coasts, dust, erosion.	Emissions from spent reagents; tailings.
Uranium (U)	Novokostiantynivske (Kirovohrad region)	Risk of increased radiation; spread of radioactive dust; worker exposure.	Tailings and filtrates may concentrate radionuclides; long-term waste management required.
Graphite	Zavalivske (Kirovohrad region)	Landscape destruction, dust; risks of water pollution from dewatering.	Tailings with organic/mineral impurities; need for water recirculation.

Thus, all the minerals examined have a significant environmental footprint, but uranium and rare earth elements are the most environmentally hazardous due to chemical and radiation risks. Lithium, titanium, and graphite create serious problems related to water consumption and tailings formation, while beryllium, niobium, and zirconium are associated with toxic dust emissions and slurries.

Reducing the negative impact of mineral extraction and beneficiation on the environment requires a comprehensive approach that combines technological, organizational, and environmental protection measures. First and foremost, reducing dust and gas emissions is an important direction. It is achieved by implementing quarry dust suppression systems, using water curtains, filtration installations, and modern dust collectors. It is especially relevant for lithium,

beryllium, graphite, and rare earth element extraction, where dust has a toxic or even radioactive character.

Water resources require strict control, since mineral beneficiation processes involve the use of significant volumes of water and wastewater generation. The impact on the hydrosphere can be reduced by implementing closed-loop water supply systems, recirculation, and the reuse of process water. This substantially reduces freshwater intake volumes and minimizes the discharge of contaminated effluent into the environment. Such an approach is critically important for lithium, titanium, and graphite.

Extraction and beneficiation waste, particularly tailings ponds and waste rock dumps, pose a long-term environmental threat. To minimize their impact, it is necessary to apply zero-waste or low-waste production technologies, compaction and waterproofing of tailings ponds, and monitoring of waste composition. Radioactively hazardous waste from uranium and rare earth deposits requires special disposal with multi-layer isolation and constant supervision for decades.

No less significant is the socio-ecological aspect. Mineral extraction must be accompanied by continuous environmental monitoring, including air quality, water, soil, and radiation background levels. Public reporting by mining enterprises and control by government agencies and local communities help increase companies' environmental responsibility.

This section effectively transitions from identifying the specific environmental risks of different minerals to presenting concrete mitigation strategies. The text demonstrates how environmental protection in mining requires a multi-faceted approach, addressing everything from immediate technical solutions like dust suppression to long-term considerations like radioactive waste management. The emphasis on technological solutions and social accountability reflects a comprehensive understanding of environmental stewardship in the mining sector.

Conclusions. The conducted analysis has shown that the extraction and enrichment of rare earth and critical minerals in Ukraine is accompanied by significant anthropogenic environmental impact, manifesting in landscape destruction, soil erosion, water resource contamination, the formation of toxic waste, and elevated radiation risks. The most critical are the consequences of developing uranium and rare earth deposits. At the same time, the extraction of lithium, titanium, and graphite is associated with high water consumption and the formation of significant volumes of tailings storage facilities. To minimize adverse effects, applying a systematic approach that includes modern processing technologies, closed-loop water use cycles, reclamation measures, and continuous environmental monitoring is necessary. Implementing these steps will ensure balanced development of the mining industry and reduce environmental risks while preserving Ukraine's strategic resource potential.

References

1. Golroudbary, S. R., Makarava I., Kraslawski A., Repo E. Global environmental cost of using rare earth elements in green energy technologies. Science of The Total Environment. Volume 832, 1 August 2022, 155022 https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Golroudbary-et-al-2022.pdf?utm_source=chatgpt.com
2. Zapp P., Schreiber A., Marx J., Kuckshinrichs W. Environmental impacts of rare earth production. MRS Bull. 2022 Mar 17;47(3):267–275. doi: 10.1557/s43577-022-00286-6
3. Kexin l., Liang T. Contamination and health risk assessment of heavy metals in road dust in Bayan Obo Mining Region in Inner Mongolia, North China. December 2015. Journal of Geographical Sciences 25(12):1439-1451. DOI:10.1007/s11442-015-1244-1
4. Global Witness. (2023, August 29). Fuelling the future, poisoning the present: Myanmar’s rare earth boom. 23 May 2024, https://surl.lu/kqxbmh
5. Wang, L., Duan, X., Yu, S., Chen, J., & Wang, J. (2024). Toxicological effects of rare earth elements on human health. Toxics. 2024 Apr 26;12(5):317. doi: 10.3390/toxics12050317
6. DNVP «Heoinform Ukrainy» https://geoinf.kiev.ua/wp/index.html

7. Derzhavna heolohichna sluzhba Ukrainy. https://www.geo.gov.ua/
8. Map: RFE/RL GraphicsSource: Ukrainian Geological Survey. https://www.rferl.org/a/ukraine-mineral-deposits-map/33331357.html?utm_source=chatgpt.com
9. European Raw Materials Alliance (ERMA) https://erma.eu/
10. UkrLithiumMining LLC Project - UkrLithiumMining LLC (ULM)
11. BGV GROUP MANAGEMENT https://bgv.com.ua/en/bgv-beryllium/
12. MiningMapped: Ukraine's Mineral Resources https://www.visualcapitalist.com/mapped-ukraines-mineral-resources/?utm_source=chatgpt.com

UDC: 622.35:553.495:338.45

VALUATION OF DIRECT LITHIUM EXTRACTION (DLE) PROJECT FROM BRINE RESOURCES

Kurylo M.*[1]*, *Dr. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., marikurylo@meta.ua,*
Virshylo I.*[1,2]*, *Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., ivirshylo@gmail.com,*
1 – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,
2 – JSC "Ukrgazvydobuvannya", Kyiv, Ukraine

The global lithium demand is rapidly increasing due to the rise of electric vehicles and energy storage systems. Traditional lithium production methods face limitations in efficiency and environmental impact. Direct Lithium Extraction (DLE) technologies offer a promising alternative by increasing lithium recovery from brine sources and formation water within depleted oil fields. This paper explores the economic viability of implementing DLE for any type of brines and lithium concentration.

This study presents two levels of 1) scoping study and preliminary economic assessment and 2) pre-feasibility study of lithium extraction from brine using several types of Direct Lithium Extraction technology. A financial model was developed to evaluate Net Present Value, capital expenditures, and operational expenditures over a 20-year project life. The results suggest a positive investment potential under current market conditions, with an NPV of over $400 million and a selling price of $10,094 per tonne of Lithium Carbonate Equivalent. The model accounts for variable lithium recovery, brine flow rates, and discounting over time.

Keywords: Lithium, Direct Lithium Extraction, Brine, Project Valuation.

The global energy transition, driven by decarbonization and electrification trends, has elevated lithium to a critical mineral status due to its central role in lithium-ion batteries. Conventional methods of lithium extraction—mainly solar evaporation and mining pose environmental and economic challenges, including long period for projects development, high water use, and limited recovery rates.

Direct Lithium Extraction (DLE) technologies offer a transformative approach, especially for brines with low lithium concentrations or high magnesium interference. DLE allows lithium to be selectively extracted using absorbents, solvents, or membranes without the need for large evaporation ponds, enabling higher recovery rates and reduced land and water footprints.

This study focuses on DLE projects valuation with computational model that captures key variables such as water flow rate, brine grade, recovery percentage, capital expenditures (CAPEX), operating costs (OPEX), and lithium market price forecast to estimate financial metrics critical to investment decision-making.

Methods and Data Sources.

The model draws on a combination of industry benchmarks, open publications and reports, and assumptions. List and development stages of DLE projects accepted into the database are shown in Fig.1. Data base includes all type of brine resources: salar brine, oilfield brine, geothermal brine, formation brine, industrial wastewater [1-7].

The basic step in projects valuation is choosing the extraction technology - methods designed to selectively extract lithium from brine resources without the need for large evaporation ponds. Unlike traditional evaporation-based processes, DLE offers significantly faster recovery times and higher lithium recovery rate - exceeding 70% up to 90%. These technologies typically use adsorption, ion-exchange, solvent extraction, or membrane separation to isolate lithium ions from complex brine chemistries. DLE is particularly effective in low-concentration or high-magnesium brines where conventional methods struggle. It also has a smaller environmental footprint, reducing water usage, land disruption, and greenhouse gas emissions. While many DLE systems are still in pilot or early commercial stages, they are considered critical to enabling sustainable and scalable lithium production. The flexibility of DLE allows it to be deployed near smaller or previously uneconomical lithium sources, supporting decentralized supply chains. Criteria for technology choice are shown in Table 1.

The next basic step is to assess the resources and reserves that are being explored and determine their productivity. The distribution of prospective projects by concentration and size of resources is shown in Fig. 2.

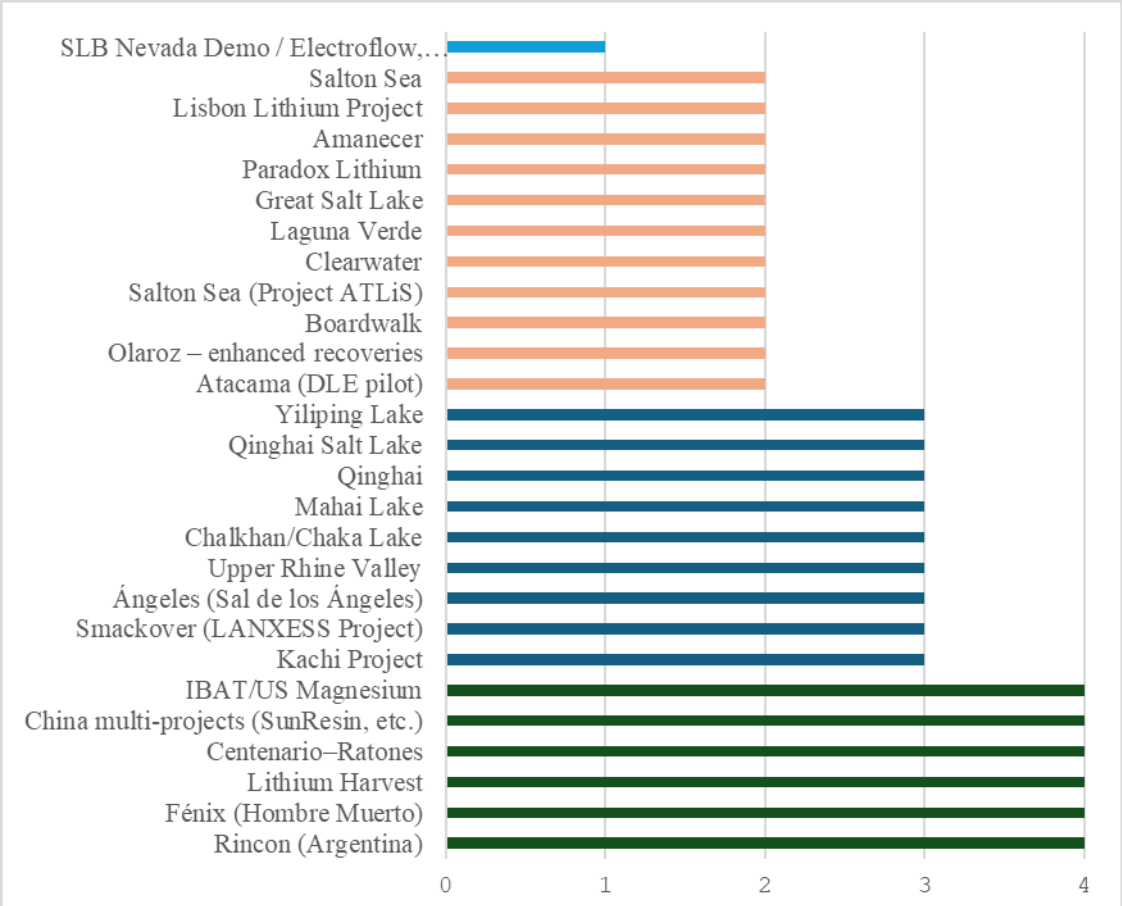


Fig. 1. List and development stages of DLE projects accepted into the database.
1 – Pilot – Research and Development (R&D), 2 – pre-feasibility study and feasibility study (PFS-FS), 3 – Pilot – early production, 4 – Production

Table 1. Criteria for technology choice

	Criteria		Technology Type
1	**Cut-off temperature**	≥ 50˚	Adsorption
			Ion Exchange
			Solvent Extraction
			Membrane
		≤ 50˚	Ion Exchange
			Solvent Extraction
			Membrane
2	**Li grade mg/l**	≥ 100	Adsorption
			Ion Exchange
			Solvent Extraction
			Membrane
		≤ 100	Ion Exchange
			Solvent Extraction
			Membrane
3	**Resource type**	Salar brine	all type
		Oilfield brine	all type
		Geothermal brine	all type, excluding Membrane
		Formation brine	all type
		Industrial wastewater	Membrane

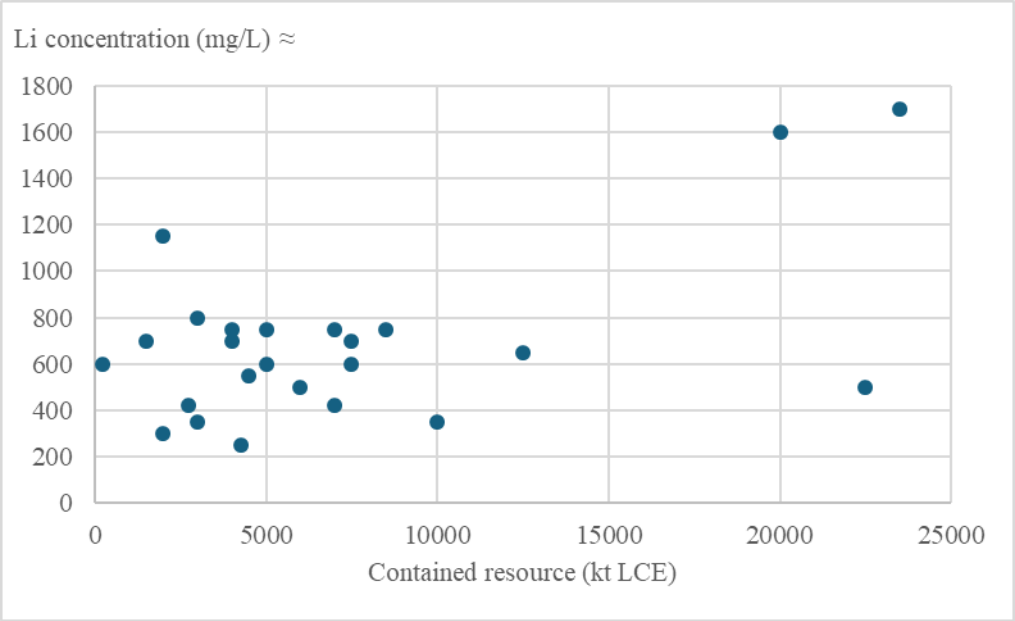


Fig. 2. Prospective projects distribution by concentration and size of resources

Key technical data, such as lithium concentration (55-65 mg/l) and brine flow (200-270 m³/day), are modeled based on median values from known salar basins.

Several sites in the Carpathian region, both in Ukraine and Poland, were evaluated for model testing. Key technical data, such as lithium concentration (55-75 mg/l) and brine flow (200-350 m³/day), are modeled based on median values from individual salar brines resources.

Input Data Example:

- Lithium Recovery Rate: Fixed at 70%, minimum-range estimates from operating DLE pilots.
- Water Throughput: 200 m³/day, and the folowing scalable productivity depending on lithium content.
- Lifetime: 20 years of sustained operation, from 2026 to 2045.
- Discount Rate: 10%, consistent with industry-standard for early-stage resource projects.
- Selling Price: $10,094 per tonne of LCE.

The model estimates year-on-year production volumes, operating costs, revenues, taxes, and residual asset value to compute Net Present Value over the life of the project.

Results and Discussion

The simulated project achieves an average annual production of 13,764 tonnes of LCE, with variability ranging from a minimum of 5,567 tonnes/year in early ramp-up phases to a peak of 27,145 tonnes/year at full capacity. Total output over 20 years exceeds 270,000 tonnes of LCE.

Economic Metrics

- Net Present Value (NPV): $402.1 million (at 10% discount rate)
- Capital Expenditure (CAPEX): $550.57 million
- Operating Cost (OPEX): $79.83 per tonne
- Selling Price: $10,094 per tonne (fixed)
- Operating Life: 20 years

The relatively low OPEX and high revenue potential support a positive investment outlook, even under conservative pricing assumptions. The model does not yet incorporate inflation, taxes, or royalties, but provides a robust foundation for further scenario modeling.

Comparison to global brine projects reveals strong competitiveness: Rincon (Rio Tinto): 3,000–60,000 t/year; Centenario–Ratones (Eramet/Tsingshan): 24,000 t/year, SunResin China projects: 10,000–20,000 t/year. The modeled project sits comfortably within this range and

benefits from simpler logistics and lower environmental footprint due to the absence of large evaporation ponds.

Conclusion

The study confirms that DLE-based lithium projects can be economically feasible under realistic technical and financial parameters. A project producing ~13,700 tonnes/year LCE at a selling price of $10,000/t is capable of generating substantial value for investors. While initial CAPEX remains high, the relatively low operating cost and long plant life ensure a positive NPV and robust long-term returns. Given its environmental advantages and adaptability to low-grade brines, DLE technology is poised to become a key enabler in the lithium supply chain. This work provides a replicable modeling framework that stakeholders can adapt to evaluate site-specific projects.

Acknowledgment

The study was supported by the Innovate Ukraine Program project #10093102 “Geothermal Ukraine – An Empowering Change for Good: Making Difference in Technology for Rapid Deployment”

References

1. Amir Razmjou. Direct Lithium Extraction (DLE): An Introduction. A report exploring the various technologies used for direct lithium extraction (DLE). Version 1.0.1, June 2024/https://lithium.org/dle-101/

2. Vera, M.L., Schäfer, A.I., & Crittenden, J.C. (2023). Lithium extraction from brines: A critical review. *Nature Reviews Earth & Environment, 4*(3), 149–165. https://doi.org/10.1038/s43017-023-00408-7

3. Feng, J., Qiu, G., & Chen, J. (2022). A review of technologies for direct lithium extraction from brine. *Frontiers in Chemical Engineering, 4*, 1008680. https://doi.org/10.3389/fceng.2022.1008680

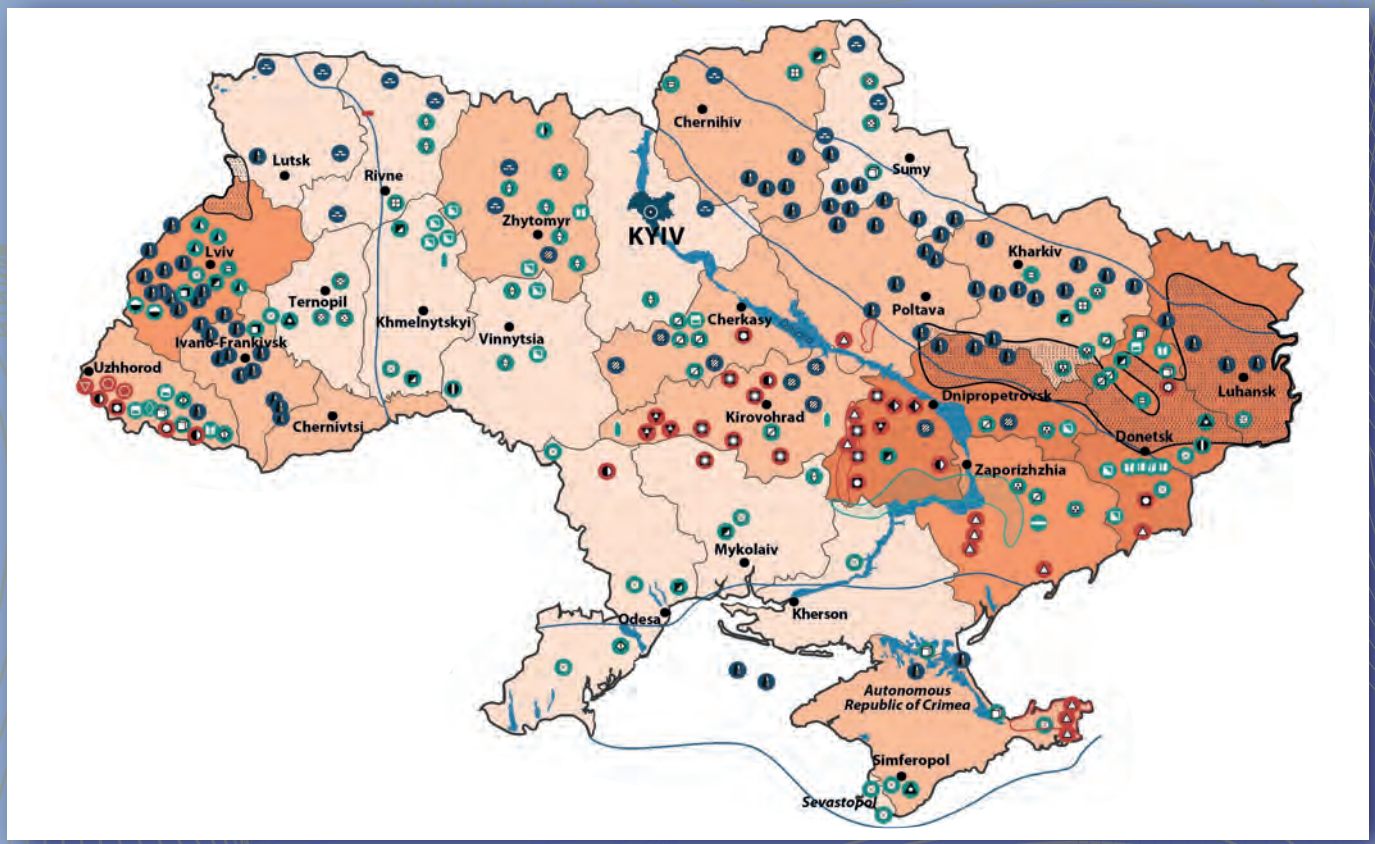
4. Kirkegaard, J.F., Zuboy, J.R., & McNulty, S. (2021). *Techno-economic analysis of lithium extraction from geothermal brines*. National Renewable Energy Laboratory. https://www.nrel.gov/docs/fy21osti/79178.pdf

5. Ramirez, J., & Lee, H. (2025). A comprehensive review on the recovery of lithium from dilute and complex brines. *Journal of Environmental Management, 334*, 117763. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.117763

6. Smith, R., & Chan, T. (2025). Advances in lithium recovery from complex and dilute brines. *Canadian Metallurgical Quarterly, 64*(1), 1–20. https://doi.org/10.1080/00084433.2025.2540724

7. Goldman Sachs Research. (2023). *Direct lithium extraction: A potential game changer for battery supply chains*. Retrieved from https://www.goldmansachs.com/pdfs/insights/pages/gs-research/direct-lithium-extraction/report.pdf

УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ КОРИСНИХ КОПАЛИН ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ



УДК 553.98:504.062.2

ДОРОЖНЯ КАРТА ВОДНО-ВОДНЕВОЇ СТРАТЕГІЇ УКРАЇНИ, ШЛЯХ ДО ВПРОВАДЖЕННЯ В ЄВРОПІ

Багрій І.Д., *д. геол. н., проф., bagrid@ukr.net,*
Васильєва І.В., *м. н. с., vasilieva1982@ukr.net,*
Кізлат А.М., *наук. співроб., kizlat@i.ua,*
Ярошовець-Баранова К.А., *katerina.yaroshovetseo_33@ukr.net,*
*Інститут геологічних наук НАН України, м. Київ, Україна*На сьогоднішній день, на підтримку Європейської зеленої угоди щодо досягнення вуглецевої нейтральності до 2050 року, Європейська комісія представила водневу стратегію, розглядаючи водень як джерело декарбонізації економіки та сприяння промисловому лідерству ЄС у цьому секторі. Разом з тим, слід мати на увазі необхідність виконання вимог Водневої Рамкової Директиви (ВРД), яка встановлює основу для захисту та управління водними ресурсами Європи. Її головна екологічна мета полягає в тому, що органи влади повинні забезпечити підтримку всіх водних об'єктів у належному стані, а також контроль за впливом водокористування на стан водних об'єктів.

Одним із ключових моментів є підтримка прийняття державами-членами ЄС комплексної стратегії адаптації до клімату. Разом з тим ВРД та Стратегія адаптації ЄС є основою для сталого управління водними ресурсами та підготовки до наслідків зміни клімату. Незважаючи на велику кількість води на Землі, лише 2,5% загальних світових водних ресурсів є прісною водою, і лише 1% цієї прісної води доступний для споживання людиною.

Автори пропонують реалізувати власну стратегію для безпечного використання водних ресурсів для виробництва технологічної води для виробництва зеленого водню та безпечного скидання ретентату в морські акваторії. Це забезпечить гарну основу для сталого використання водних ресурсів без впливу на зміну клімату. Цілісність європейських річкових басейнів і екосистем, включаючи водний баланс і хімічний склад води, буде повністю забезпечена.

ROADMAP FOR THE UKRAINIAN HYDROGEN STRATEGY, THE COURSE FOR IMPLEMENTATION IN EUROPE

Bahrii I., *Dr. Sci. (Geol.),Professor, bagrid@ukr.net,*
Vasileva I., *Junior Researcher, vasilieva1982@ukr.net,*
Kizlat A., *Researcher kizlat@i.ua,*
Yaroshovets-Baranova K., *katerina.yaroshovetseo_33@ukr.net,*
Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

To date, in support of the European Green Deal's ambition to achieve carbon neutrality by 2050, the European Commission presented the EU Hydrogen Strategy in July 2020, looking at how hydrogen can support the decarbonisation of the economy and promote EU industrial leadership in this sector. Hydrogen as a clean energy fuel prioritises the deployment of renewable energy components needed for sectors such as transport and industry, and sets clear targets for the EU for the installation of electrolysers or pure hydrogen production. Moreover, this policy aims to rapidly reduce dependence on Russian fossil fuels.

The authors propose to implement a pre-delta strategy for the safe use of water resources to produce process water for green hydrogen production and to safely discharge retentate into marine aquatic areas. This will provide a good basis for the sustainable use of water resources without impacting on climate change. The integrity of Europe's river basins and ecosystems, including water balance and water chemistry, will be fully ensured.

Using the example of safe use of water resources in the deltas of European river systems, we can obtain a significant amount of green hydrogen, as demonstrated by the calculations presented in the article.

На сьогодення щоб підтримати амбіції Європейської зеленої угоди щодо досягнення вуглецевої нейтральності до 2050 року, у липні 2020 року Європейська комісія представила «Водневу стратегію ЄС», розглядаючи те, як водень може підтримати декарбонізацію економіки, а також сприяти промисловому лідерству ЄС у цій сфері. Водень, як енергетично-екологічне пальне, надає пріоритет розгортанню відновлюваних енергетичних компонентів, необхідних для таких галузей як транспорт і промисловість, які важко зменшити, і встановлює чіткі цілі для ЄС щодо встановлених електролізерів або виробництва чистого водню. Крім того, така політика спрямована на швидке зменшення залежності від російського викопного неекологічного палива.

Запропонована водна рамкова директива (ВРД) – це комплексний законодавчий акт ЄС, який встановлює рамки для захисту та управління водними ресурсами в Європі. Він охоплює як поверхневі, так і підземні води. Його головна екологічна мета полягає в тому,

що органи влади повинні забезпечити приведення та утримання всіх водних об'єктів у належному стані, а також контролювати вплив використання водних ресурсів на стан водних об'єктів. Кожні шість років згідно ВРД країни-члени повинні повідомляти Європейську комісію про свої висновки в планах управління річковими басейнами.

Запропонована воднева стратегія ЄС має на меті зробити Європу більш стійкою до наслідків зміни клімату шляхом сприяння адаптаційним діям на всіх рівнях, практично без зміни воднобалансових характеристик в межах кожного гідрологічного басейну.

Деякі з ключових моментів включають наступне: сприяти діям держав-членів ЄС прийняти комплексну стратегію адаптації, що надає рекомендації та підтримку для їх розробки та реалізації. Мета полягає в тому, щоб інтегрувати цю стратегію в національну політику та планування без нанесення будь-якої зміни геохімічного та воднобалансового впливу на водні ресурси; об'ємних та геохімічних характеристик ; негативного впливу на довкілля.

Враховуючи глобальне потепління слід мати на увазі, що якщо не буде вжито подальших заходів, деякі райони Південної Європи можуть серйозно постраждати від дефіциту водних ресурсів, починаючи з 2036 року.

Незважаючи на те, що вода на Землі є у великій кількості, прісна вода становить лише 2,5 % загальних світових водних ресурсів, і лише 1% цієї прісної води доступний для споживання людиною.

Згідно з дослідженнями Water-Energy Nexus MEA за 2016 рік, частка забору води для виробництва відновлюваної енергії для використання електроенергії становила лише 2 % від загального забору в усьому енергетичному секторі.

Це означає, що сам по собі водень може становити високу частку для виробництва відновлюваної енергії (у відсотках від загального обсягу енергетичного сектора) у найближчі роки.

Зелений водень, отриманий за допомогою електролізу води, зокрема PEMEL і SOEC, з використанням відновлюваної енергії, може бути більш ефективним у використанні води порівняно з іншими технологіями виробництва водню на основі викопного палива.

У зв'язку з цим автори пропонують запровадити придельтову стратегію безпечного використання водних ресурсів для підготовки технологічної води для виробництва зеленого водню та безпечного скиду ретентату в морські акваторії. Це створює міцну основу для сталого використання водних ресурсів без впливу на зміни клімату, повністю забезпечуючи їх недоторканість на площах річкових басейнів та екосистем Європи, включаючи воднобалансові та воднохімічні характеристики.

Відповідно до розподілу оперативних і запланованих проєктів у Європі до 2040 року, виробництво водню (відновлюваного та не відновлюваного) у деяких із найбільших країн-виробників, згідно запропонованої стратегії, може бути розташоване в районах, які практично відчувають дефіцит води (це стосується Італії, Іспанії та Португалії) та практично більшості Європейських держав.

Досвід еколого-гідролого-гідрогеологічного обґрунтування використання водних ресурсів придельтових ділянок для виробництва зеленого водню на прикладі придельтової зони р.Дунай

З метою обґрунтування можливостей використання дефіцитних прісних вод в об'ємах, необхідних для повномасштабного циклу отримання зеленоводневої продукції без завдання шкоди воднобалансовому характеру річкових систем, а головне, що практично не потребує узгодження з екологічними інстанціями, були обрані придельтові ділянки річки Дунай.

Дунай, одна з найбільших та характерних річок Європи, тече в межах 18 країн, зокрема Німеччини, Австрії, Словаччини. Угорщини, Сербії, Болгарії, Румунії. України. Довжина 2857 км, площа басейну 817 тис. км^2. Гідрологічний режим цієї ріки виражається трьома його фазами: весняною повінню, літніми та осінніми паводками, осінньою та зимовою меженями.

За гідрологічними усередненими критеріями водності та особливостями компонентів мінерального складу р.Дунай можна вважати характерним представником річкової системи Європи (рис. 1).

Запропонована та відпрацьована до впровадження придельтова Стратегія використання водних ресурсів (поверхневі та підземні води) забезпечує сталий воднохімічний баланс практично без жодного впливу на екологічну складову річкового басейну, на кількісні та якісні показники стокових характеристик в межах придельтових площ поверхневих та підземних вод та може бути адаптована до впровадження на придельтових ділянках визначених річок Європи.

Як буде наведено нижче, характеристики річкового стоку визначних Європейських річок, практично ідентичні за кількісними воднохімічними показниками: модулями поверхневого стоку та мінералізацією, з р. Дунай. Відбір води в придельтових зонах та скид ретентату в межах менше 0,1%, як показали розрахунки та результати досліджень, не принесе жодної зміни як в водно-балансові, так і водно-хімічні характеристики, а також в екологічні процеси навколишнього середовища на площах водозбору річкових систем та повністю забезпечить водно-екологічною складовою виробництво зеленого H_2-водню.

З метою впровадження українського досвіду, нижче ми наведемо неспростовні факти ідентичності стокових формуючих воднобалансових характеристик р. Дунай та визначних річок Європи.

Загальна характеристика водно-хімічних та воднобалансових ознак р. Дунай

З метою обґрунтування можливого водовідбору водних ресурсів, необхідних для виробництва зеленого водню, а також безпечного скиду ретентату в річкові системи, виконано комплекс гідрологічних, еколого-гідрохімічних та гідрогеологічних розрахунків у дельті р. Дунай.

Річка Дунай належить до числа найбільших річок Європи та може бути представлена як середньо статистична водна артерія за стоковими і гідрохімічними характеристиками: модуль поверхневого стоку ≈ 8 л/с·км^2, мінералізація ≈ 400 мг/дм^3 . Річка бере початок на східних схилах Шварцвальду двома витоками – Бреге і Бригах, впадає в Чорне море, утворюючи дельту площею 5600 км^2 (рис.2).

Стік річки формується, як було наведено вище, на території 18 європейських держав, що практично за своїми водними характеристиками (модулі стоку) та гідрохімічними показниками відображає річкові системи Європи.

За своїми фізико-географічними умовами Дунай поділяють на три ділянки:

- *Верхній Дунай* (до Братислави) – типова гірська ріка;
- *Середній Дунай* (від Братислави до Оршова);
- *Нижній Дунай* (від Оршова до гирла) тече Нижньодунайською рівниною, розгалужуючись на численні рукави і протоки.

Крім того, одним з джерел живлення поверхневого стоку в природних умовах на придельтовій ділянці р. Дунай, виступають підземні води. Разом з тим, як буде наведено нижче, їх можна використати в достатній кількості як технологічну складову для отримання зеленого водню, що в кінцевому рахунку покращить якість підземних вод, які можуть бути застосовані для питного споживання. Їх мінералізація зменшиться за рахунок залучення поверхневих вод з Дунаю.

Режим рівнів води р. Дунаю доволі складний. Дунай перетинає різні кліматичні зони Європи та приймає на своєму шляху притоки, які мають різні джерела живлення. Верхній Дунай живляться переважно за рахунок танення льодовиків в Альпах й атмосферними опадами, Середній Дунай та Нижній Дунай - опадами і підземними водами, а також водами Верхнього Дунаю, що відповідає узагальнюючим стоковим та гідрохімічним характеристикам Європейських річкових систем.



Рис.1. Картосхема басейну р. Дунай

Пересічні річні витрати води у гирлі – 6430 м³/с. Максимальні витрати води в пониззі дорівнюють 20 000 м³/с, мінімальні 1800 м³/с. Річний стік змінюється близько від 123 км^3 до 200 км^3.



Рис. 2. Дельта р. Дунай

Крім того, однією з найголовніших ознак для використання водної складової необхідної для отримання зеленоводневого компоненту, вперше розглянуто хімізм поверхневих вод р.Дунай (табл. 1) та підземних вод дельти Придунав'я.

Таблиця 1. Мінералізація води (мг/дм^3) річки Дунай – Вилково

Рік	Місяць											
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
2011	380	373	388	401	395	401	399	370	394	400	408	415
2012	400	416	408	381	399	395	374	381	385	406	387	392
2013	367	360	376	390	382	419	383	364	335	337	377	386
2014	389	390	356	366	350	323	318	347	365	346	378	339
2015	377	401	425	414	368	349	348	388	355	382	336	363
2016	344	346	380	343	376	332	324	315	326	337	404	344
2017	420	371	316	372	334	334	306	323	291	292	339	354
2018	317	328	357	342	370	319	335	314	316	329	354	366
2019	357	358	327	298	307	280	286	286	324	328	340	365
2020	367	387	346	340	326	327	274	288	322	333	312	326

Як показали аналітичні дані за багаторічний період в середньому ці показники складають 350 мг/дм^3 (р. Дунай-Вилково) мінімальні – 280 мг/дм^3, максимальні – 425 мг/дм^3.

Мінералізація підземних вод Придунав'я складає ≈ 800 мг/дм^3.

Головний показник водності – модуль стоку р. Дунай визначений за весь період спостережень ≈ 100 років складає ≈ 8 л·с / км^2, що практично відповідає середньому статистичному модулю річкового стоку по визначних річках Європи, що впадають в Балтійське, Середземне, Адріатичне, Північне моря та Атлантичний океан (л·с / км^2): р.Рейн

– 12, р.Вісла – 6; р.Тахо – 6,1; р.Луара – 7,9; р.Ебро – 7; р.Дуеро – 6,9; р.Рона – 17,4; р.По – 20,5; р.Сена – 7,08; р.Гаронна – 11,6 (рис.3-7).



Рис. 3. Дельта р. Вісла

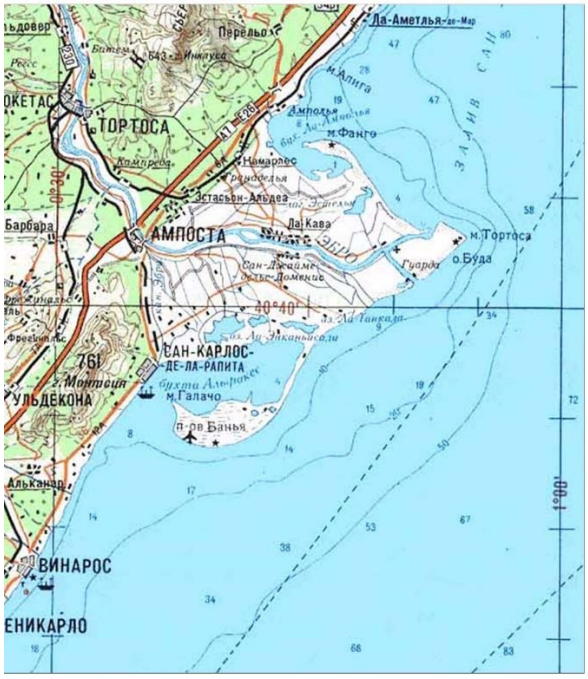


Рис. 4.Дельта р. Ебро



Рис. 5. Дельта р. Луара



Рис. 6. Дельта р. По



Рис. 7. Дельта р.Рона

Практично мінералізація вище наведених річок змінюється в межах ≈ 300-600 мг/дм^3. Крім того, враховуючи досвід Китаю, Південної Кореї Шотландії та інших держав, придельтові площі та морські акваторії можливо використати під розташування об'єктів сонячної та вітрової енергетики, необхідної для забезпечення енергетичноємких процесів.

В окремих випадках для отримання зеленого водню можливо залучати підземні води. Яскравим прикладом можуть слугувати родовища підземних вод Придунав'я, що приурочені до четвертинних алювіальних відкладів.

Зауважимо, що територіальний розподіл водних ресурсів в Україні не відповідає розміщенню водоємних галузей господарського комплексу. Найбільше їх (58 %) зосереджено в басейні Дунаю, де потреба у воді не перевищує 5% загальних їх запасів [1].

На виконання заходів Програми комплексного розвитку Українського Придунав'я на 2004-2010 роки, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 31 березня 2004 р. за №428 [2] була проведена розвідка підземних вод, приурочених до алювіального водоносного горизонту в долині р. Дунай, а також оцінені їх експлуатаційні запаси (Придунавська ділянка) та прогнозні ресурси (район між містами Рені – Ізмаїл) [3].

Попередніми роботами [4-8] було встановлено перспективність обводненої товщі пліоцен-плейстоценових алювіальних піщаних і піщано-галькових відкладів для видобутку підземних вод. За попередніми оцінками територія долини р. Дунай між озерами Кагул та Катлабух містить прісні підземні води з прогнозними ресурсами більш ніж 1,0 млн. м^3/добу [8].

За результатами цільових робіт, виконаних в 1967-1969р.р. на цій території були розвідані та затверджені ДКЗ СРСР експлуатаційні запаси підземних вод в алювіальних відкладах пліоцену для питного водопостачання міст Рені та Ізмаїла у кількості 97,2 тис. м^3/добу за категоріями А+В. Підземні води алювіальних відкладів мають змішаний сольовий склад (переважають іони гідрокарбонату, кальцію або натрію), стабільну мінералізацію до 1г/дм^3 і загальну жорсткість до 5 ммоль/дм^3. За всіма іншими

органолептичними і хімічними показниками ці води відповідають вимогам ДСанПіНу 2.2.4-171-10 [9].

Територія досліджень була розташована в межах Ізмаїльського (до зміни адміністративно-територіального поділу Ренійського та Ізмаїльського) району Одеської області і приурочена до заплави р.Дунай протяжністю більше, ніж 70 км між водозаборами міст Рені і Ізмаїл.

Придунавська низина має доволі щільну мережу поверхневих водотоків і водойм. Головними водними об′єктами на території досліджень є р.Дунай та озера Кагул, Орлівка, Кугурлуй, Ялпуг, Китай, Саф′яни, Катлабух, що розташовані в заплаві Дунаю. У вищезгадані озера впадають численні малі річки, що часто пересихають влітку.

Ухил водної поверхні Дунаю в межах Одеської області сягає 0,001-0,08.

Долина Дунаю асиметрична, широка (5-18 км) з крутим, місцями обривистим правим схилом висотою до 200 м. Заплава шириною 4-18 км місцями сильно заболочена.

Річище Дунаю слабко звивисте, сильно розгалужене. Переважна ширина річки сягає 600-700 м. Глибини розподілені доволі рівномірно. Звичайна глибина сягає до 27 м. Середня швидкість течії складає 0,3-0,6 м/с.

Річна амплітуда коливання рівня води в Дунаї біля м.Рені змінюється від 2,6 до 5,5 м. Середньорічні витрати води в гирлі Дунаю дорівнюють 6430 $м^3$/с.

В гідрогеологічному відношенні район досліджень знаходиться в західному крилі Причорноморського артезіанського басейну.

Найбільш потужними колекторами підземних вод району досліджень є алювіальні відклади. На площі розповсюдження п'ятої-першої надзаплавних терас водонасиченими є різнозернисті піски з галькою, що залягають на водотривких кімерійських глинах. В покрівлі цього водоносного горизонту залягають слабкопроникні і водотривкі породи лиманно-озерного походження, що складають верхню частину терас. Залягають ці води на глибинах 10-45 м при потужності водоносного горизонту 25-30 м. П′єзометричні рівні встановлюються на глибинах 5-32 м.

На південь від лінії Рені-Новосельське потужність заплавного алювія різко зростає за рахунок древньоалювіальних пісків неогену. Останні підстелюють верхньочетвертинний-сучасний алювій, утворюючи з ним різновікову водоносну товщу загальною потужністю 100-195 м і у вигляді пласта-смуги протягуються з північного заходу на південний схід.

На більшій частині заплави Дунаю підземні води алювіальних відкладів мають змішаний сольовий склад (переважають іони гідрокарбонату, кальція або натрія), стабільну мінералізацію до 1 г/$дм^3$ і загальну жорсткість до 8 ммоль/$дм^3$. Вертикальна гідрохімічна зональність тут не виявлена [8].

Зауважимо, що підтягування річкової води в водоносний пласт при експлуатації берегових інфільтраційних водозаборів, зокрема м. Ізмаїл веде до розбавлення і опріснення підземних вод. Мінералізація і загальна жорсткість води при цьому знижуються до 0,3-0,7 г/$дм^3$ і 4 ммоль/$дм^3$, відповідно, наближуючись до значень, властивих воді в Дунаї.

Водозабір в м.Ізмаїл експлуатується зараз з дебітом 12074 $м^3$/добу, а в м.Рені – 1879 $м^3$/добу . Це складає 13,4 і 2,7% від затверджених запасів, відповідно.

За період експлуатації водозабору мінералізація та хімічний склад підземних вод залишаються стабільними. Рівневий режим знаходиться в прямій залежності від рівня води в р.Дунай. Спрацювання рівнів підземних вод не спостерігається.

На Придунавській ділянці після проведення комплексу пошукових і розвідувальних робіт (ДРГП «Причорноморгеологія») були підраховані із застосуванням математичного моделювання і захищені в ДКЗ України експлуатаційні запаси підземних вод алювіального водоносного горизонту в кількості 80 тис. $м^3$/добу.

Область моделювання, площею 1225 $км^2$, була розбита нерівномірною прямокутною сіткою на розрахункові блоки розміром від 50х50 м і 250х250 м, на ділянці розвідки і діючих водозаборах, до 2000х2000 м у периферійних частинах території досліджень.

Область моделювання з півночі обмежена границею розповсюдження підземних вод в алювіальних плейстоцен-пліоценових відкладах, з півдня – руслом Дунаю, з заходу – лінією току, що проходить через м. Рені, зі сходу – оз. Котлабух.

Вирішення зворотних задач на створеній моделі дозволило, по-перше, уточнити розрахункові гідрогеологічні параметри, по-друге – довести функціональну відповідність побудованої моделі природно-антропогенним умовам району досліджень, по-третє – встановити балансові складові формування експлуатаційних запасів підземних вод алювіального водоносного горизонту.

При прогнозному моделюванні на геофільтраційній моделі Придунав'я розглядалися 2 варіанти. Перший з них передбачав водовідбір в межах Придунавської ділянки у розмірі 80 тис. м^3/добу, а також всіх затверджених експлуатаційних запасів по Ренійському та Ізмаїльському родовищам. Другий – з максимально можливим водовідбором у районі досліджень (від м.Рені до м.Ізмаїл).

Результати моделювання (перший варіант) показали, що між депресійними лійками Ізмаїльського, Придунавського та Ренійського родовищ гідравлічний зв'язок відсутній, зниження рівнів підземних вод алювіального водоносного горизонту не перевищують 18,8 м, що складає менше ніж 50% від допустимих, а формування експлуатаційних запасів складається на 81 % за розрахунок перетікання з р. Дунай (рис. 8). Завдяки цьому мінералізація підземних вод не буде перевищувати 0,7 г/дм^3.

Другий варіант прогнозного моделювання був присвячений визначенню потенційних можливостей алювіального водоносного горизонту Придунав'я (від м. Рені до м. Ізмаїл). По відношенню до попереднього варіанту розбивка моделі була зроблена більш детальною (крок розбивки – 125м). Це було зроблено для максимального врахування потенційних ресурсів підземних вод району, що вивчається.

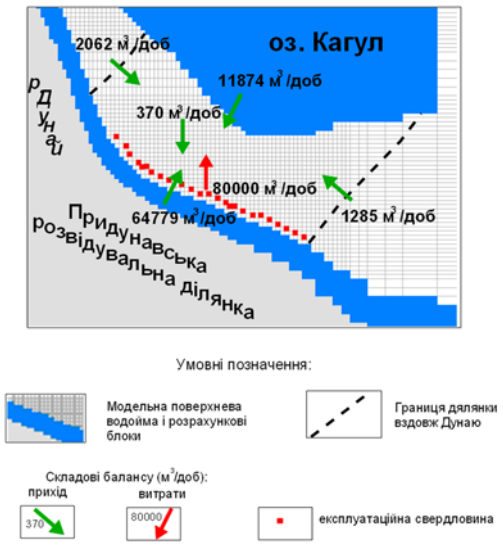


Рис. 8 - Складові модельного балансу підземних вод алювіального водоносного горизонту на Придунавській розвідувальній ділянці в умовах прогнозного водовідбору (перший варіант прогнозу)

На регіональній моделі був заданий безперервний ряд свердловин з інтервалом між ними 125 м при відстані до Дунаю – 180-200м. Ряд простягався від Ренійського водозабору до Ізмаїльських водозаборів. Дебіти свердловин задавались з врахуванням зниження рівнів підземних вод по можливості до покрівлі піщано-гравійного шару.

Моделювання прогнозних ресурсів Придунав'я в районі Рені-Ізмаїл показало, що вони складають 2,39 млн.м^3/добу, основним джерелом формування яких є інфільтрація води з Дунаю – 2,01 млн.м^3/добу (табл. 2).

Зона впливу інфільтраційного водозабору захоплює більшу частину території досліджень (рис. 9).

З огляду на те, що об’єм води в озерах регіону поповнюються за допомогою каналів водами з Дунаю, то можна вважати, що вплив відбору всіх прогнозних ресурсів буде незначним

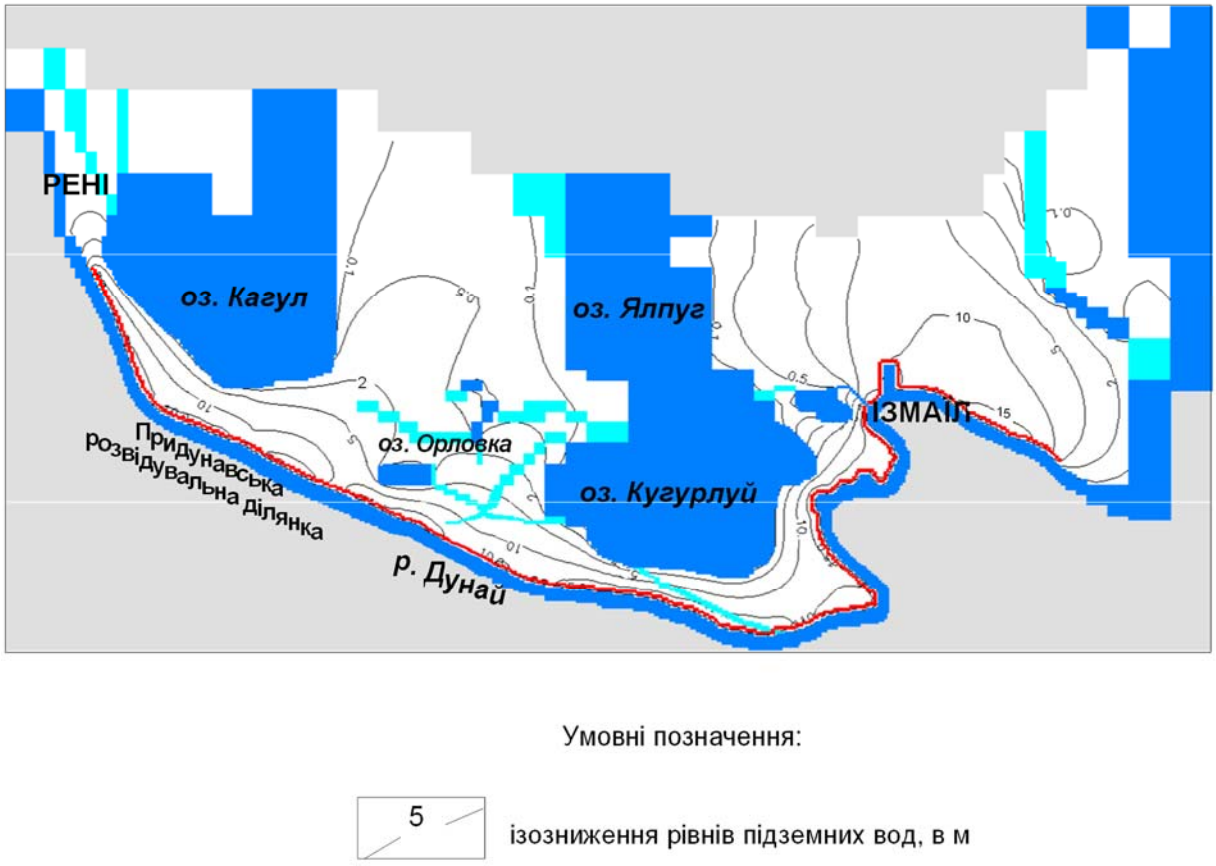


Рис. 9. Модельна схема ізознижень рівнів підземних вод алювіального водоносного горизонту Придунав’я при відборі 2,39 млн м^3 /добу

Таблиця 2. Структура водообміну на регіональній моделі алювіального водоносного горизонту Придунав'я (другий варіант прогнозу)

Найменування водоносного горизонту	Прихід, тис.м^3/доб				Витрати, тис.м^3/доб		
	Природна інфільтрація	Живлення		Сума	Розвантаження в річки і озера	Водовідбір	Сума
		Із Дунаю	із інших річок і озер				
Алювіальний	9,93	2010,4	384,56	2404,9	13,09	2391,8	2404,89

Зауважимо, що Придунавське родовище ніколи не експлуатувалося. Виходячи з того, що 1 літр води вміщує 111,11г водню, а 1 літр водню за нормальних умов важить 0,0846 г [10], то з 1 л води можна отримати 111,11 /0,084 = 1313, 36 л газоподібного водню. Тобто з 1м^3 води – 1313,36м^3 газоподібного водню.

Відповідно до оцінених експлуатаційних запасів підземних вод Придунавського родовища питних підземних вод можна отримати 80000 х 1313,36= 105068800 м^3/добу газоподібного водню. За рік ця цифра складе – понад 38 млрд. м^3

Безумовно, що ці розрахунки певним чином гіпотетичні. Але вони вказують на дуже великий потенціал отримання «зеленого водню» за рахунок гідролізу підземних вод одного з районів Придунав’я.

Висновки. Останні події, що відбуваються в світовій енергетичній системі, вимагають від наукової спільноти термінового усвідомлення відносно прийняття нових технологічних рішень, щодо необхідності відродження та повернення Україні авторитету потужного світового енергетичного гравця на кшталт світової хлібної житниці.

Вперше у світовій практиці на основі значного обсягу фундаментально-прикладних досліджень пропонується до впровадження ґрунтовна конкурентоспроможна екологічно обґрунтована Європейська стратегія, яка неодмінно виведе Україну та європейську енергетику на чільне місце в реалізації пошукової та екологічно безпечної еколого-водневої стратегії (зеленого водню). Обґрунтовано комплекс екологічно виважених підходів до природних джерел, безальтернативного використання унікальних природних комплексів складових елементів зеленого водню – сонячної та вітрової енергії.

Доведена можливість використання прісних поверхневих і підземних вод в дельті Дунаю, які розвантажуються зараз в акваторію Чорного моря, для отримання зеленого водню. Запропонований підхід не несе жодної екологічної шкоди довкіллю.

Практично необмежені можливості використання водних ресурсів р. Дунай, що незворотно впадають у морську акваторію, дають всі підстави стверджувати, що наведені результати гарантують Україні стати надпотужним виробником екологічного енергетичного джерела XXI сторіччя.

Як показали наведені розрахунки з 80 тис.$м^3$/добу (0,93 $м^3$/с) прісних вод можливо отримати за рік понад 38 млрд. $м^3$ газоподібного водню. Враховуючи, що навіть мінімальний стік р. Дунай складає 1800 $м^3$/с, за рік при відборі тільки 0,1% від цієї кількості можна отримати 73,5 млр.$м^3$ газоподібного водню.

Крім того, як видно з наведеного картографічного матеріалу, в межах при дельтових територій практично відсутні солітебні зони, що дає підстави використовувати придельтові ділянки та шельфові зони під забудову сонячних та вітрових станцій.

Отриманий під час технологічного процесу ретентат можна скидати безпосередньо в морську акваторію.

Досвід досліджень р.Дунай, дає підстави до впровадження використання науково-прикладних напрацювань на придельтових ділянках визначних та малих річках Європи.

Таким чином, наявність вітрових та сонячних енергоресурсів, можливість використання прісних вод в дельтових ділянках, які безповоротно впадають у морські акваторії, робить Україну та Європу надпотужним гравцем у змаганні з вироблення та використання водневої енергетики.

Список використаних джерел:

1. *Ставицький Е.А., Рудько Г.І., Яковлєв Є.О., Бакаржієва О.О., Блінов П.В., Лютий Г.Г., Маційовська О.О., Мітько О.П., Нецький О.В., Руденко Ю.Ф., Шестопалов В.М.* Стратегія використання ресурсів питних підземних вод для водопостачання у 2 т. /за ред. Е.А. Ставицького, Г.І. Рудька, Є.О. Яковлєва. – Чернівці: Букрек, 2011.- Т.1.-348с.
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 31 березня 2004р. №428 «Програма комплексного розвитку Українського Придунав'на 2004-2011 роки» - zakon.rada. gov.ua/laws/ show/428-2004n# Text.
3. *Шестопалов В.М. Руденко Ю.Ф., Стеценко Б.Д., Гураль О.В.* Оцінка експлуатаційних запасів підземних вод методом математичного моделювання в долині р. Дунай для водопостачання населених пунктів Придунав'я в Одеській області. – Київ, 2007. Архів НІЦ РПД при Президії НАН України.-89с.
4. *Анисимов А.М., Семёнов В.Г.* Отчет по разведке подземных вод для водоснабжения г. Рени, Одесса. Фонды ПГРЭ, 1968.
5. *Рябых В.А.* Отчет по разведке подземных вод для водоснабжения г.Измаил. Фонды ПГРЭ, 1969.
6. *Семенов В.Г.* Отчет по региональной оценке эксплуатационных ресурсов подземных вод Одесской обл. Одесса. Фонды ПГРЭ, 1976.

7. *Капинос Н.Н, Володистая В.И., Воробьёва.Е.И., Пугач С.Л. Белокопытова Н.А. Давыдова В.Н.* Отчет о региональной оценке запасов подземных вод Причерноморского артезианского бассейна. Украинская часть. Днепропетровск. Фонды, ИМР, 1977.

8. *Лисогор Г.Ф.* Отчет по детальным поискам подземных вод в долине р. Дунай для водоснабжения города Болграда и населенных пунктов Болградского и Ренийского районов Одесской области. Одесса. Фонды ГГП «Причерноморгеология», 1997.

9. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною».- Наказ МОЗ України від 12.05.2010р. №400-zakon.rada. gov.ua/laws/ show/z0452-10# Text.

10. Google.com /search ? q=8/sca…

УДК 349.6:622.3/.7:628.4.043

ТЕХНОГЕННІ РОДОВИЩА ЯК РЕСУРС: ДОЗВІЛЬНІ ПРОЦЕДУРИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Книш І.Б [1], *ivan.knysh@lnu.edu.ua;*
Василенко Б.В. [2] *b.vasilenko@ugs.ua;*
Михалюк М.В. [3], *Malva_2008@ukr.net;*
1 – Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів, Україна,
2– ТОВ «НВП «Укргеологстром» м. Київ, Україна,
3 – Львівська національна наукова бібліотека України імені В. Стефаника, м. Львів, Україна

Розглянуто правові, технічні та екологічні аспекти отримання спеціального дозволу на користування надрами в контексті освоєння техногенних родовищ корисних копалин. Зроблено акцент на можливостях повторного використання промислових відходів, перспективах інтеграції таких обєктів у сталий розвиток будівельної галузі України. Досліджено особливості, проблемні аспекти та потенціал отримання спеціального дозволу на користування надрами для геологічного вивчення, дослідно-промислової розробки і подальшого видобування техногенних родовищ, сформованих відходами вуглевидобувної промисловості, з метою виготовлення будівельних матеріалів.

TECHNOGENIC DEPOSITS AS A RESOURCE: PERMITTING PROCEDURES AND PROSPECTS

Knysh I. [1], *ivan.knysh@lnu.edu.ua;*
Vasylenko B. [2] *b.vasilenko@ugs.ua;*
Myhaliyk M. [3], *Malva_2008@ukr.net;*
1 – Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine,
2 – LLC "Scientific and Industrial Enterprise "Ukrgeologstrom", Kyiv, Ukraine,
3 – Vasyl Stefanyk National Scientific Library of Ukraine, Lviv, Ukraine

This paper addresses the legal, technical, and environmental dimensions of obtaining a special permit for subsoil use in the context of developing technogenic deposits of mineral resources. Emphasis is placed on the potential for reutilization of industrial waste and the prospects for integrating such objects into the sustainable development of Ukraine's construction sector. The study explores the specific characteristics, regulatory challenges, and opportunities associated with acquiring a special permit for geological exploration, pilot-industrial development, and subsequent extraction of technogenic deposits formed by coal-mining waste, with the ultimate aim of producing construction materials.

Вступ. Унаслідок десятиліть інтенсивної роботи вугільних шахт утворилися сотні відвалів породи (териконів), муло та шламонакопичувачі шахт та збагачувальних фабрик, стави-відстійники, золошлакові відвали, які містять значні обсяги вуглевмісної породи та залишки корисних копалин, які сьогодні становлять значний екологічний та економічний ресурс. Частина цих техногенних утворень, за складом і концентрацією корисних компонентів, може вважатися техногенними родовищами, хоча донедавна вважалися баластом та екологічним тягарем для територіальних громад, де розміщені вугільні підприємства. Рівень використання відходів промисловості в Україні низький і по окремих регіонах становить від 5 до 20 % (у середньому 8-10 %), а в США, Японії, Франції, Німеччині цей показник сягає 80 %. [1]. Тому поряд з відкриттям нових і використанням природних (геогенних) родовищ корисних копалин, необхідно звертати особливу увагу і на рукотворні (техногенні) утворення, які є джерелом вторинної сировини. Однак шлях до реалізації таких проєктів складний, довготривалий і розпочинається з отримання спеціального дозволу на користування надрами, що є юридично складною та бюрократично чутливою процедурою.

Виклад основного матеріалу. Проблема накопичення промислових відходів в Україні досягла критичних масштабів. За даними Держстату, до 2022 року, в Україні накопичено понад 13-15 млрд тонн техногенних утворень, значна частина з яких – відходи металургійної, вугільної, енергетичної та хімічної промисловості. Частина цих утворень за своїм складом і концентрацією корисних компонентів може бути класифікована як «техногенні мінеральні утворення» та «техногенні родовища» корисних копалин.

Для *активізації промислової переробки техногенних утворень* необхідною є, досить чітка правова регламентація, яка в нормативних актах, що регулюють відносини, пов'язані з техногенними родовищами корисних копалин відсутня. Це яскраво демонструється, якщо спробувати розмежувати поняття «техногенні родовища корисних копалин», «техногенні утворення» і «відходи видобувної промисловості», керуючись чинним законодавством.

Як зазначено у ст. 5 Кодексу України про надра, ***техногенні родовища корисних копалин*** – це місця, де накопичилися відходи видобутку, збагачення та переробки мінеральної сировини, запаси яких оцінені і мають промислове значення. Такі родовища можуть виникнути також внаслідок втрат при зберіганні, транспортуванні та використанні продуктів переробки мінеральної сировини. Державний фонд родовищ корисних копалин є частиною державного фонду надр. Отже, техногенні родовища корисних копалин є складовою Державного фонду родовищ корисних копалин.

Облік державних родовищ та запасів корисних копалин, у тому числі техногенного та природного походження, ведеться у порядку Постанови Кабінету Міністрів України від 31 січня 1995 р. № 75 «Про затвердження Порядку державного обліку родовищ, запасів і проявів корисних копалин», де визначено, що «усі родовища корисних копалин, у тому числі техногенні, з запасами, оціненими як промислові, становлять державний фонд родовищ корисних копалин, а всі попередньо оцінені родовища – резерв цього фонду». Обов'язок ведення обліку родовищ, запасів та проявів корисних копалин покладається на Державну службу геології та надр України, яка щорічно готує аналітичний звіт про стан мінерально-сировинної бази України, перспективи її формування та розвитку. Таким чином, техногенні родовища корисних копалин мають рівноцінний статус із природогенними.

Водночас, дуже часто термін «техногенні родовища» використовується в наукових публікаціях та оглядах для позначення перспективних, неоцінених обєктів, що вносить додаткову плутанину у визначенні термінів.

Згідно із Законом України «Про управління відходами» №2330-IX від 20.06.2022 року, ***відходи*** – визначаються як будь-які речовини, матеріали і предмети, яких їх власник позбувається, має намір або повинен позбутися.

Відповідно до розділу XI «Прикінцеві та перехідні положення» Закону України «Про управління відходами» №2330-IX дано визначення «***відходів видобувної промисловості***» – які утворилися внаслідок проведення розвідувальних робіт, видобутку, оброблення (перероблення, збагачення) та зберігання корисних копалин, розроблення родовищ корисних копалин. Проект ЗУ «Про управління відходами видобувної промисловості» №12180 від 05.11.2024 року, містить суміжне визначення, ***відходи видобувної промисловості*** **–** відходи, що утворюються в результаті здійснення суб'єктами господарювання геологічного вивчення, у тому числі дослідно-промислової розробки, видобування (промислової розробки родовищ), переробки та зберігання корисних копалин.

На наш погляд, доцільним, і правомірним було б відходам гірничодобувних, збагачувальних і переробних виробництв спочатку надавати правовий режим не техногенних родовищ корисних копалин, а специфічних об'єктів відносин надрокористування – ***техногенних мінеральних утворень***, які є «скупченням мінеральних речовин, накопичених у процесі добування, переробки та використання мінеральної сировини, що за геолого-економічними умовами можуть розглядатися як об'єкти надрокористування».

Пропонований нами алгоритм наступний, техногенні утворення за умови державної реєстрації, взяття на облік стають техногенним родовищем, проходячи шлях: відходи гірничо-видобувної промисловості – перспективна оцінка – техногенні мінеральні утворення – геолого-економічна оцінка корисної копалини – техногенне родовище.

Отже, техногенні родовища з відходів гірничо-видобувного, металургійного, інших видів виробництв перетворюються в об'єкт правовідносин, який має рівноцінне значення з природогенними родовищами корисних копалин, з моменту внесення їх до Державного

кадастру родовищ і проявів корисних копалин [2]. Вимога про державну реєстрацію техногенних родовищ зумовлена тим, що і ці родовища містять обліковану «мінеральну сировину», і тому мають бути занесені до Державного кадастрового обліку родовищ корисних копалин, враховані в державному обліку запасів із метою їх раціонального використання.

Водночас, слідування за приведеним алгоритмом буде вимагати від первинного підприємства-відвалоутворювача залучення значної кількості додаткових фінансів, що на сьогодні є великою проблемою для підприємств державної форми власності, або залучення занішнього інвестора для оцінки та розробки майбутнього техногенного обєкту.

Низка підприємств, щоб знизити витрати, можуть оцінювати «родовище» за корисною копалиною нижчого рівня – пісок, суглинки, піщано-гравійна суміш, що призводить до втрати потенційних «дороговартісних» ресурсів із відвалів – корисних рідкісних та рідкоземельних мікроелементів, паливної компоненти, добавок при виготовленні будівельних матеріалів.

Як бачимо, українське законодавство визнає техногенні родовища джерелом корисних копалин, регулює їх вивчення та видобуток через систему дозволів, екологічних оцінок, а також підходи до відходів гірничої промисловості відповідно до принципів циркулярної економіки та сталого розвитку. Для врегулювання нормативно-правової законодавчої бази у листопаді 2024 року Кабінет Міністрів України схвалив законопроєкт №12180 «Про управління відходами видобувної промисловості» з метою імплементації положень європейської Директиви 2006/21/ЄС та вирішення проблем, пов'язаних з відходами видобувної галузі. Однак 4 червня 2025 року законопроект Верховною Радою не прийнятий та знятий з розгляду.

Етапи та процедура отримання спеціальних дозворів на користування надрами та алгоритм геологічного дослідження. Відповідно до Кодексу України про надра, будь-яке користування надрами – включно з техногенними родовищами – потребує спеціального дозволу, навіть якщо об’єкт не є природним родовищем у класичному розумінні.

Етапність процедури отримання спецдозволів наступна:

1. *Визначення об’єкта дослідження і промислового потенціалу ділянки.* Ініціатором може бути юридична або фізична особа, яка володіє інформацією про потенційне техногенне родовище. Важливо визначити координати, площу, технічні характеристики матеріалу, доступ до інфраструктури, правовий статус та власника обєкту.

Важливо: наявність згоди власника або землекористувача є обов’язковою умовою.

2. *Підготовка пакету документів до Держгеонадр та розгляд заяви для отримання спецдозволу на користування надрами.* Після подання документів Держгеонадра проводить технічну та юридичну перевірку, а також погодження з іншими органами (наприклад, Мінекології). У випадку позитивного рішення, спецдозвіл на ділянку надр виставляється на аукціон – спосіб продажу спеціальних дозволів на користування надрами шляхом проведення електронних торгів, відповідно до Постанови КМУ від 23.09.2020 №993 "Про затвердження Порядку проведення аукціонів з продажу спеціальних дозволів на користування надрами".

3. Отримання дозволу або обґрунтована відмова. Починаючи із 2021 року спеціальний дозвіл на користування надрами видається строком від 3 до 20 років (з можливістю продовження). Переможець аукціону, після сплати платежів, протягом 60 днів отримує спецдозвіл, підписує з Держгеонадрами угоду та узгоджену програму робіт на ділянці надр.

У випадку відмови – заявнику надається письмове пояснення.

Спеціальний дозвіл на користування надрами охоплює три основні етапи:

1. Геологічне вивчення – дослідження складу, обсягів і властивостей матеріалів.
2. Дослідно-промислова розробка (ДПР) – пілотне добування та апробація технологій.
3. Промислове видобування – повномасштабна переробка техногенного ресурсу.

На протязі 1 та 2 етапу проводиться: буріння або екскавація проб; лабораторні та фізико-хімічні дослідження; апробація методів переробки підчас ДПР (наприклад, для отримання цементної добавки); формування звіту з геолого-економічної оцінки корисних копалин. Цей етап дозволяє оцінити технічну доцільність та рентабельність майбутнього видобутку.

4. Висновок за *процедурою оцінки впливу на довкілля* діяльності підприємства, є складовою для внесення змін у спецдозвіл, щодо переходу до промислового видобування.

5. *Внесення змін у спеціальний дозвіл та узгодження умов надрокористування.*

6. *Перехід до промислового видобування.* На основі результатів попередніх етапів підприємство замовляє проєкт гірничих робіт; отримує дозволи на небезпечні роботи, на викиди та відходи; створює геолого-маркшейдерську службу; запускає повноцінне виробництво будівельної продукції.

Складнощі та недоліки процесу освоєння техногенних родовищ корисних копалин:

1. Неоднозначність у процедурі геологічної класифікації як об'єкта надрокористування. У багатьох випадках складно провести визнання техногенного родовища як об’єкта, що підпадає під геологічне вивчення, з огляду на нестандартний склад або невизначений вміст корисних компонентів. У деяких випадках виникають складнощі з оформленням дозволів, оскільки техногенна сировина не завжди чітко класифікується як корисна копалина. Зокрема, процедури отримання спеціального дозволу на геологічне вивчення техногенного родовища залишаються складними й довготривалими

2. Складність технологічної переробки. Відходи вугільних шахт мають складну неоднорідну структуру покладів. Оскільки порода у відвалах є неоднорідною за складом і сильно змішаною з вугіллям, землею та іншими домішками, її переробка потребує дорогого обладнання та енергозатратних процесів: грохотів, сепараторів, сушарок, подрібнювачів. Високі інвестиційні витрати часто відштовхують потенційних інвесторів.

3. *Відсутність комплексної державної політики.* В Україні немає єдиного підходу до обліку та класифікації техногенних родовищ, а дозвільні процедури часто затягнуті.

4. *Невизначеність прав власності на техногенні відходи.* Багато відвалів не мають чітко визначеного власника, та юридична невизначеність правового статусу техногенних об’єктів, що ускладнює їх інвентаризацію, передачу у користування та залучення інвесторів, зокрема:

- відсутність формального оформлення відвалів у власності підприємств;
- відвали належать підприємствам, які ліквідовані або у процедурі банкрутства.
- відсутність земельно-кадастрової документації, що ускладнює процес узгодження.
- іноді майбутні «техногенні родовища» не мають визнаного балансового статусу, як нової сировини, що викликає сумніви у Держгеонадр.

5. *Низька інформованість про склад техногенних відвалів.* У багатьох випадках відсутні точні картографічні матеріали та дані про склад відвалів. Це ускладнює бізнес-планування і підвищує ризики. Тільки після проведення оціночного геологічного вивчення можна чітко оцінити доцільність видобутку та переробки.

6. *Адміністративні бар’єри.* Попри декларовану цифровізацію, процес отримання дозволу триває від 6 до 18 місяців, включаючи подання документації, її розгляд, погодження з Міндовкілля (в частині оцінки впливу на довкілля). Складність підготовки до аукціонів та узгодження документації з Держгеонадрами. Велика кількість інстанцій (екологія, геологія, місцева влада) уповільнює процес. Висока вартість проведення ОВД і геологічної експертизи, проектів розробки, високі стартові ціни на дозволи на аукціонах, відлякують інвесторів.

7. *Низька рентабельність окремих об'єктів.* Не всі відвали мають достатню кількість корисної сировини. Наприклад, відвали з домінуванням піщаної фракції або з високим вмістом сірки можуть виявитися економічно невигідними для переробки. Низька

економічна рентабельність без державного стимулювання або підтримки не сприятиме розробці.

8. *Екологічна складова.* Необхідність вивчення можливого забруднення довкілля важкими металами, вуглеводнями тощо; проблема з пиловиділенням та горінням відвалів, що ускладнює їх розробку. Потреба в ОВД, навіть якщо відвал вже існує і не є природною екосистемою. Потенційні ризики забруднення повітря, ґрунтів або ґрунтових вод.

9. *Хімічна нестабільність порід відвалів.* Часто техногенні матеріали містять домішки важких металів, сірки, радіонуклідів, що може призвести до екологічних ризиків під час переробки чи експлуатації будівельних матеріалів.

10. *Проблеми з транспортуванням і логістикою*. Розміщення багатьох відвалів у важкодоступних або депресивних регіонах створює проблеми з транспортуванням матеріалу на переробні заводи або до об'єктів будівництва. Додатково виникають витрати на логістику.

11. *Обмежений ринок збуту.* Будівельна галузь України не повною мірою адаптована до використання альтернативної сировини. Потрібною є популяризація та стандартизація продукції з техногенних матеріалів.

Переваги освоєння техногенних родовищ корисних копалин:

1. *Раціональне використання ресурсів.* Порода з відвалів містить компоненти, придатні для виробництва щебеню, цементу, шлакоблоків, цегли, керамзиту, а також може бути використана в дорожньому будівництві. За даними Держгеонадр, в окремих відвалах залишається до 10–15% вугілля, яке може бути вилучено як енергетичний ресурс, а також глинозем, пісок, сланці, аргіліто-алевролітова суміш порід, які придатні для виготовлення цегли, шлакоблоків, цементу та інших будматеріалів.

2. *Зменшення екологічного навантаження.* Однією з переваг переробки відходів є зменшення техногенного навантаження на довкілля. Переробка дозволяє очистити території, зменшити ризики для населення та зробити можливим подальше використання земель.

3. *Залучення інвестицій і створення нових робочих місць.* Інвестування у переробку відвалів може створити нові виробництва на базі існуючої інфраструктури, і сприяють розвитку локальних економік. У регіонах, де шахти були закриті, це дозволяє створити нові виробництва, забезпечити працевлаштування та уникнути соціальної деградації шахтарських міст. Зниження витрат на сировину, податкові пільги, залучення інвесторів та грантів на утилізацію промислових залишків.

4. *Заміщення природної сировини.* Перероблені відходи можуть замінити природні ресурси (глину, пісок, гравій), видобуток яких також має негативний вплив на довкілля. Використання техногенних матеріалів як замінників природного каміння, гравію чи піску дозволяє знизити навантаження на довкілля від відкритого видобутку корисних копалин. Собівартість продукції з техногенної сировини нижча за традиційний кар'єрний видобуток.

5. *Використання сировини у новітніх будівельних технологіях.* У деяких країнах (Польща, Німеччина) технології переробки шахтної породи вже дозволяють отримувати продукцію високої якості, що використовується в залізобетонних конструкціях, термоізоляційних матеріалах тощо. В Україні такі рішення ще перебувають на стадії розвитку, але мають потенціал [3].

6. *Ресурсна база, що вже на поверхні.* Низька собівартість у порівнянні з традиційним видобутком. На відміну від природних родовищ, техногенні об'єкти не потребують складного буріння чи розкривних робіт – ресурси накопичені на поверхні. Це знижує оперативні витрати.

7. *Доступ до інфраструктури*. Близькість до промислових вузлів, доріг, мереж. Позитивний ефект на вартість інфраструктурних проєктів.

8. *Імпортозаміщення та енергозбереження.* Використання місцевої техногенної сировини знижує потребу у видобутку первинних мінералів і логістичних витратах, сприяючи енергетичній незалежності країни.

Приклади реалізованих ініціатив. Станом на 1 липня 2020 року в Державному фонді родовищ корисних копалин зареєстровано лише 15 техногенних родовищ (Державний кадастр родовищ і проявів корисних копалин, 2020), з них 7 використовуються на підставі відповідних спеціальних дозволів. *В західному регіоні України*, зокрема у Львівсько-Волинському вугільному басейні, протягом 2016-2025 року, надано Державною службою геології та надр пять спеціальних дозволів на користування надрами – один спецдозвіл на видобування корисної копалини; чотири – на геологічне вивчення, у тому числі дослідно-промислову розробку (ДПР), корисних копалин з подальшим видобуванням корисних копалин.

Ділянка «Нововолинська Техногенна». Отримавши спеціальний дозвіл на геологічне вивчення в 2016 році, ТОВ «Екоенергоресурси» стало новатором у сфері геологічного вивчення породних відвалів вугільних шахт Нововолинського гірничого району, із накопиченим досвідом щодо вивчення, видобування та переробки вуглевмісних відвалів.

Вибраний об'єкт – ділянка «Нововолинська техногенна» відноситься до техногенного мінерального об'єкту, сформованого породними відвалами (відходами) вугледобувного виробництва. Це колишній, рекультивований відвал, розташований південніше колишньої промплощадки шахти № 6 «Нововолинська», 0,6 км на північний захід від смт. Благодатне у Волинській області. ТОВ «Екоенергоресурси» згідно спеціального дозволу на користування надрами № 4773 від 31 травня 2016 року проводило роботи з метою геологічного вивчення кам'яного вугілля вуглевмісного відвалу. З 2018 року на ділянці «Нововолинська техногенна» виконувалися геологорозвідувальні роботи, із 2022 року розпочата дослідно-промислова розробка частини відвалу. За результатами звіту про геологічне вивчення надр «Геолого-економічна оцінка кам'яного вугілля з геологічним довивченням ділянки «Нововолинська техногенна» (відвал шахти№ 6 «Нововолинська») у Володимир-Волинському районі Волинської області», протоколом ДКЗ України №5740 від 08 серпня 2024 року, були затверджені запаси корисних копалин техногенного родовища.

Підприємство провело процедуру оцінки впливу на довкілля планованої діяльності, згідно з Законом України від 23.05.2017 за № 2059-VIII, в якому розглянуто на викладено вимоги щодо дотримання екологічних параметрів розробки родовища без негативної шкоди для довкілля Нововолинської територіальної громади.

У 2025 році, ТОВ «Екоенергоресурси» розробляє техногенне родовище «Нововолинське Техногенне», керуючись спеціальним дозволом №6835 від 06.02.2025 р. на користування надрами техногенного родовища «Нововолинське техногенне» (відвал шахти № 6 «Нововолинська»), що виданий Державною службою геології та надр України, з метою видобування вугілля, аргіліту горілого (термічно зміненого), придатного для виробництва щебеню, аргіліту вуглевмісного негорілого, придатного для виробництва цегли, цементу та іншої будівельної продукції як паливний компонент шихти, терміном на 20 років.

Ділянка «Грибовицька» (колишній відвал вугільної шахти №5 Нововолинська). Державна служба геології та надр України реалізувала спецдозвіл на користування надрами, для ПП «ДНК» № 5377 від 14.04.2022, , для геологічного вивчення, у тому числі ДПР корисних копалин загального державного значення. Підприємство отримало дозвіл з метою геологічного вивчення породи шахтних відвалів у якості піщано-гравійної сировини.

Ділянка Нововолинська 7 техногенна (рекультивований відвал шахти № 7 Нововолинська), де був реалізований спеціальний дозвіл на геологічне вивчення, у тому числі ДПР, корисних копалин з подальшим видобуванням корисних копалин. Перспективна для дослідження корисна копалина - кам'яне вугілля.

Ділянка «Зарічна техногенна». У 2024 році був реалізований спеціальний дозвіл на геологічне вивчення і ДПР відвалу колишньої шахти «Зарічна». Переможець ТОВ «СПС» проводитиме геологічне вивчення для оцінки вмісту залишків кам'яного вугілля, породи, зокрема аргіліту, що придатний для виробництва дорожнього щебеню, сухих сумішей, добавки для цементної та будівельної промисловостей.

Ділянка Воловин (Південно-східна та Північно-західна частини). Ділянка представляє собою рекультивований відвал, ліквідованої у 2001 році, вугільної шахти «№5 Великомостівська». Переможець ТОВ «ДАРВАР» (м. Шептицький). Перспективною корисною копалиною є аргіліт, алевроліт, пісок.

Висновки. В умовах переходу до циркулярної економіки, Україна має унікальний шанс перетворити проблему техногенних відходів вуглевидобутку на джерело альтернативної сировини для промисловості. Переробка відходів вуглевидобувної промисловості є реалістичним шляхом до формування замкненого циклу ресурсів, зменшення екологічного навантаження та економічної диверсифікації регіонів. Попри наявні виклики – технологічні, законодавчі, економічні – потенціал використання техногенних родовищ як джерел будівельних матеріалів в Україні є значним.

Отримання спеціального дозволу на користування надрами з метою розробки техногенних родовищ – складна, але перспективна процедура, яка відкриває доступ до альтернативних джерел мінеральної сировини для будівельної галузі. Успішна реалізація таких проєктів вимагає міжгалузевої координації, правового врегулювання і наукового супроводу. Для цього потрібна цілеспрямована державна підтримка, спрощення дозвільних процедур, стимулювання інновацій, створення ринку продукції з вторинної сировини.

Список використаних джерел:

1. Галецький Л.С., Науменко У.З. , Пилипчук А.Д. , Польской Р.Ф. Техногенні родовища – нове нетрадиційне джерело мінеральної сировини в Україні / // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності : Науково-технічний журнал. – Київ, 2005. – № 4. – С. 77-81.

2. Гладій О.В. Поняття та класифікація техногенних родовищ як об’єкта правовідносин *// Jurnalul juridic national: teorie şi practică*. 2016. № 6. С. 23–27.

Книш І.Б. Перспективи використання відходів вугільної промисловості Львівщини як нової мінеральної сировини // Вісник Львівського ун-ту. Серія геологічна. – 2006. – № 20. – С. 111-123. Режим доступу: https://www.academia.edu/download/43110613/2006.pdf

УДК 55:622.339(438.42)(030)

ВІДНОВЛЕННЯ І РОЗШИРЕННЯ ГЕОЛОГО-ПРОГНОЗНОГО КАРТУВАННЯ МАСШТАБУ 1 :200 000 УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ З ОЦІНКОЮ ПЕРСПЕКТИВ НА БУРШТИН В МЕЖАХ АРКУШІВ М-35 -II, -III, -IV, - V, - VIII, - IX

Мельничук В.Г.[1], *д. геол. н, v.g.melnychuk@nuwm.edu .ua,* ***Волненко С.О.[2],*** *volgeo@ukr.net;*
Капустюк А.А.[3], *volynpryrodresurs@gmail.com.;* ***Богельський О.О.[4],*** *oleg.bohelskyi@gmail.com;*
Столярець М.О.[4], *stolyarets78@ukr.net;*
Криницька М.В.[1], *к. геол. н., m.v.krynytska@nuwm.edu.ua,* ***Коваль Д.М.[1],*** *d.m.koval@nuwm.edu.ua,*
1 – Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне, Україна,
2 – Рівненська комплексна геологічна партія ДП «Українська геологічна компанія», Рівне, Україна,
3 – КП «Волиньприродресурс» , Луцьк, Україна;
4 – ТОВ «Західкапіталінвест», Рівне, Україна

Обґрунтовано необхідність відновлення і розширення геолого-прогнозного картування масштабу 1 : 200 000 Українського Полісся з оцінкою перспектив на бурштин в межах аркушів М -35 -II, -III, -IV, -V, -VIII, -IX. Розглянуто пошукові ознаки і прогнозні фактори бурштиноносності територій, рекомендовані для відновленого та розширеного геолого-прогнозного картування.

RENEWAL AND EXPANSION OF GEOLOGICAL-PROGNOSIS MAPPING AT A SCALE OF 1:200,000 OF UKRAINIAN POLISSIA WITH AN ESTIMATION OF AMBER PROSPECTS WITHIN SHEETS M -35 -II, -III, -IV, - V, - VIII, - IX

Melnichuk V.[1], *Dr.(Geol.), v.g.melnychuk@nuwm.edu.ua;* ***Volnenko S.[2],*** *volgeo@ukr.net;*
Kapustyuk A.[3], *volynpryrodresurs@gmail.com.;* ***Bohelskyi O.[4],*** *oleg.bohelskyi@gmail.com;*
Stolyarets M.[4], *stolyarets78@ukr.net;*
Krynytska M.[1], *Cand. (Geol.), m.v.krynytska@nuwm.edu.ua,* ***Koval D.[1],*** *d.m.koval@nuwm.edu.ua,*
1 – National University of Water Management and Environmental Management, Rivne, Ukraine,
2 – Rivne Comprehensive Geological Party of the State Enterprise
«Ukrainian Geological Company», Rivne, Ukraine,
3 – ME «Volynpryrodresurs», Lutsk, Ukraine,
4 – LLC «Zakhidcapitalinvest», Rivne, Ukraine

The necessity of renewing and expanding geological and predictive mapping of the scale of 1: 200000 of Ukrainian Polissya with an assessment of amber prospects within the limits of sheets M -35 -II, -III, -IV, -V, -VIII, -IX is substantiated. The search signs and predictive factors of amber-bearing areas recommended for renewed and expanded geological and predictive mapping are considered.

Вступ. Геолого-прогнозне картування масштабу 1:200 000 з оцінкою перспектив на бурштин виконувалось для західної частини Прип'ятського бурштиноносного басейну в межах Українського Полісся Рівненською геологічною експедицією ПДРГП "Північгеологія" у 2004-2015 р.р. [10] (аркуші М-35-III, -IV, -VIII, -IX) згідно чинних методичних рекомендацій [8, 12]. Одночасно відбувались пошуково-оцінювальні роботи на низці перспективних на бурштин ділянок, для яких результати геолого прогнозного картування слугували методологічною основою. В результаті на досліджуваній території виділено 19 перспективних бурштиноносних площ, включно з відомими родовищами (Клесівське, Вільне, Володимирець Східний) та оціненими перспективними проявами бурштину (Федорівська, Дубівка, Жовкині, Володимирець, Вирка, Каноничі, Золоте, Олексіївка, Томашгород), як еталонними об`єктами для вивчення та оцінки ресурсів бурштину в надрах інших перспективних ділянок. При цьому керівними були пошукові ознаки, ранжовані на прямі та непрямі, першо-друго та третьорядні, а також комплекс прогнозних факторів бурштиноносності: стратиграфічний, структурно-палеогеографічний, літолого-фаціальний, ерозійного зрізу і врізу, палеоморфний. Окремо, як пряму пошукову ознаку, було взято до уваги ділянки проведення стихійних розкопок місцевим населенням,

які підтвердженні знахідками бурштину. Дані геолого-прогнозного картування 2004-2015 рр. наразі слугують основою для винесення Держгеолнадрами перспективних бурштиноносних ділянок на аукціонні торги.

В наслідок виконаних при геолого-прогнозному картуванні узагальнень встановлено, що основні ресурси та промислові запаси бурштину пов'язані з осадовими прибережно-морськими фаціями, які представлені піщано-глинистими відкладами межигірської світи олігоцену і плащеподібно перекривають глини і алеврити обухівської світи або залягають на корі вивітрювання кристалічних порід. Бурштиноносні пласти залягають переважно на глибинах від 2 до 12 м. Їхня потужність змінюється від 1 до 6 м, а промислові вмісти бурштину–сирцю від 10 до 250 г/м^3 (середнє – 50 г/м^3). Розмір кускового бурштину коливається від 5 до 150 мм і більше.

Бурштиновмісні межигірські відклади представлені різнозернистими, переважно крупно-середньозернистими кварцовими часто глауконітвміщуючими пісками, місцями сильно глинистими, зеленувато-темно-сірими, що містять прошарки глинистих алевритів, глин алевритистих темно-сірих з включенням лігнітизованої деревини та окремих шматків бурштину, гравію і поодинокої гальки кварцу та кристалічних порід.

Візуально відклади межигірської світи впевнено діагностуються в повних розрізах, в скорочених розрізах їх ідентифікація ускладнена. Потужність відкладів межигірської світи змінюється від 1–2 м (на схилах палеозападин) до 5–6 м в їх центральних частинах, іноді в різких пониженнях досягаючи 20 м. В повних розрізах потужність світи переважно складає 7–10 м [4].

Бурштин в межигірській світі розповсюджений вкрай нерівномірно, гніздоподібно. Прийнято вважати, що його концентрації у пробах без будь-якої закономірності приурочені до всіх частин розрізу продуктивної межигірської товщі і не піддаються геометризації в рудні тіла, у зв'язку з чим вся межигірська світа розглядається як суцільний рудний поклад з гніздовим розподілом бурштину.

Вирішення потребують і транскордонні аспекти геології та надрокористування в районах поширення палеогенових бурштинових покладів на територіях Східної Польщі та Північно-Західної України. На відміну від олігоценових родовищ Полісся, концентрації бурштину в Любертовському повіті Люблінського воєводства [9] приурочені до товщі фосфоритоносних глауконіт-кварцових пісків та глауконітових алеврито-пісчанистих глин еоцену морського походження. Глибини залягання покрівлі бурштиноносної товщі тут змінюється від 12,5м до 15,5 м, підошви – від 21,6 м до 22,5 м. Середня потужність бурштиноносної товщі становить 12 м. Бурштин вилучається, як супутній компонент видобутку глауконіту і кварцевого піску кар`єрами. Вміст бурштину в пробах з родовища Нєдзвіеда-II коливається від 0,01% до 0,33% і в середньому становить 1038,5 г/м^3, що в 50 разів більше за цей показник для бурштинових родовищ Полісся. Наведені високі показники бурштиноносності еоценових відкладів в Східній Польщі є вагомою підставою для оцінки при поновленні геопрогнозного картування бурштиноносності еоценових відкладів і на Поліссі.

Нагальною проблемою бурштинових промислів в Українському Поліссі, є території, порушені несанкціонованим кустарним видобутком бурштину методом підземного вимивання гідросвердловинами [1, 6] з ігноруванням будь яких нормативів надрокористування. Загальна площа таких територій ще не оцінена, і за попередніми даними становить кілька тисяч гектарів. Тут спостерігається глибока трансформація приповерхневого шару надр, знищення ґрунтового покриву, лісових насаджень, сільськогосподарських угідь, нищівні зміни гідромережі. Тисячі гектарів нині перебувають в стані техногенних піщаних пустель, в надрах яких ще збереглись значні запаси бурштину. Прогнозування подальших техногенних змін на таких порушених ділянках та оцінка їхнього впливу на довкілля вбачається додатковою задачею поновленого геолого-прогнозного картування.

Передумови відновлення і розширення геолого-прогнозного картування на бурштин

Геологічне вивчення Прип`ятського бурштиноносного басейну в межах Українського Полісся за останнє десятиліття істотно поглибилось за рахунок діяльності як ліцензованих надрокористувачів, а ще більше – в результаті несанкціонованих пошуків та видобутку бурштину старателями. При цьому нелегальні пошуки і видобуток бурштину за масштабами значно випередили легальні. На сьогодні склалися передумови, що обґрунтовують необхідність поновлення геопрогнозного картування на бурштин на раніше закартованих площах і нарощування площ такого картування на схід (аркуш М-35-ІІ) та на захід (аркуш М-35-V) (рис. 1) наступного змісту.

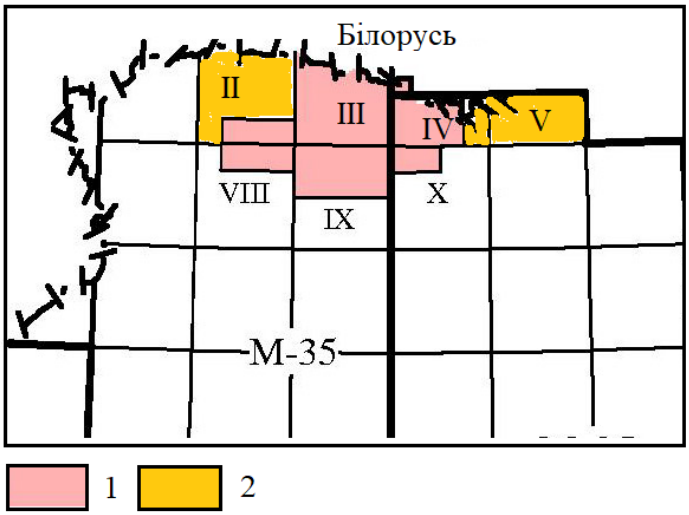


Рис. 1. Площі запланованого геолого-прогнозного картування на бурштин в масштабі 1 : 200 000:
1 – виконаного Рівненською ГЕ ДП «Українська геологічна компанія» в 2014 р.[10];
2 – ще не охоплені геопрогнозним картуванням

Пошукові ознаки і прогнозні фактори бурштиноносності територій, рекомендовані для відновленого та розширеного геолого-прогнозного картування

Пошукові ознаки і прогнозні фактори бурштиноносності в значній мірі вже переглянуті авторами [4, 5, 7], що створило надійнішу методологічну базу для геолого-прогнозного картування з оцінкою на бурштин.

Першорядними прямими пошуковими ознаками бурштиноносності ділянок Українського Полісся є безпосередні знахідки бурштину в корінному заляганні і у відвалах, ділянки несанкціонованого видобутку бурштину місцевим населенням, епізодичні знахідки бурштину та власне вторинні розсипи (відклади берекської світи, четвертинні відклади), що вказують на просторову близькість корінних розсипів або на їх наявність у більш глибоких частинах розрізу. За знахідками бурштину і місцями його несанкціонованого видобутку здійснюється виділення проявів бурштину, а також оконтурення бурштиноносних провінцій і басейнів, районів, зон, площ, проявів і родовищ.

Місця несанкціонованого видобутку гідросвердловинами зазнали глибокої трансформації природного середовища (до 70-100 %, якщо продукти гідровидобутку утворюють суцільний покрив). Вони задовільно дешифруються на космознімках за світлим фототоном піднятих з надр білих пісків чи сірих глин та алевриті, що утворюють ландшафти техногенних пустель. Такі ділянки за межами відомих родовищ бурштину являються визначальними для надрокористувачів при виборі площ для геологічного вивчення надр, у тому числі дослідно-промислової розробки родовищ з подальшим видобуванням бурштину. В межах вже розвіданих родовищ бурштину ділянки несанкціонованого його видобутку в процесі геопрогнозного картування потребуватимуть ревізії для визначення залишкових запасів та значно трансформованих гірничо-геологічних умов. На перспективних площах, виділених за результатами геолого-

прогнозного картування [10], такі ділянки вишикувані ланцюжками субмеридіонального простягання, які часто виходять далеко за контури відомих бурштинових родовищ. При відновленому геолого-прогнозному картуванні саме вони в першу чергу підлягатимуть поглибленому дослідженню і ревізії на предмет прогнозних ресурсів і залишкових запасів бурштину.

Другорядними прямими пошуковими ознаками бурштиноносності слід вважати наявність в олігоценових чи міоценових відкладах вуглефікованих і лігнітизованих уламків деревини, а також наявність в даних розрізах лінз і прошарків гумусованих глинистих і алевритистих порід. Дані ознаки використовуються при прогнозуванні скупчень бурштину поблизу знахідок вуглефікованої деревини та гумусованих порід.

До другорядних непрямих пошукових ознак відносяться топонімічні назви, історичні дані, виявлені в архівних матеріалах (наприклад – історичні згадки про наявність ще з XVIII ст. дрібних кустарних майстерень по обробці бурштину в с. Домбровиця Рівненського уїзду Волинської губернії) та знахідки бурштину і бурштинових виробів при археологічних розкопках.

Першорядними прямими пошуковими ознаками бурштиноносності є безпосередні знахідки бурштину в корінному заляганні і у відвалах, ділянки несанкціонованого видобутку бурштину місцевим населенням, епізодичні знахідки бурштину та власне вторинні розсипи (відклади берекської світи, четвертинні відклади), що вказують на просторову близькість корінних розсипів або на їх наявність у більш глибоких частинах розрізу. За знахідками бурштину і місцями його несанкціонованого видобутку здійснюється виділення проявів бурштину, а також оконтурення бурштиноносних провінцій і басейнів, районів, зон, площ, проявів і родовищ.

Другорядними прямими пошуковими ознаками бурштиноносності слід вважати наявність в олігоценових відкладах вуглефікованих і лігнітизованих уламків деревини, а також наявність в даних розрізах лінз і прошарків гумусованих глинистих і алевритистих порід. Дані ознаки використовуються при прогнозуванні скупчень бурштину поблизу знахідок вуглефікованої деревини та гумусованих порід.

В ході регіональних геологічних досліджень вивчаються прогнозні фактори першого роду, які реально існують і можуть бути визначені візуально, а також прогнозні фактори другого роду – змодельовані, реконструйовані, розраховані чи теоретично виведені з різним ступенем їх вірогідності. За значенням (інформативністю або внеском у прогноз) фактори першого та другого роду й прямі та непрямі пошукові ознаки ранжируються на першорядні (або головні, у тому числі необхідні, без яких бурштин не концентрується в промислових масштабах), другорядні (або допоміжні, характерні для значної частини бурштиноносних об’єктів прогнозованого рангу) і третьорядні (даткові). За масштабністю виділяються регіональні прогнозні фактори, що визначають положення і контури бурштиноносних районів, зон та локальні фактори, що визначають локальне залягання бурштиновміщуючих відкладів в межах окремих площ.

Прогнозні фактори першого роду – це реально встановлені геологічні утворення, тіла і структури, що контролюють формування і локалізацію родовищ бурштину.

Накопичення розсипів бурштину в земній корі визначається сумісною дією таких факторів першого роду: стратиграфічного, структурно-тектонічного, літолого-фаціального та мінералогічного. За масштабністю до першорядних регіональних факторів бурштиноносності віднесені стратиграфічний і структурно-тектонічний. Першорядним локальним фактором бурштиноносності першого роду є також літолого-фаціальний і мінералогічний.

Прогнозні фактори другого роду визначають можливі передумови утворення родовищ бурштину. Вони відображають просторові і вікові співвідношення геологічних тіл і структур різного генезису і складу та процесів, які у сукупності створюють сприятливі умови для утворення таких родовищ. Ці фактори виявляються шляхом порівняння історії геологічного розвитку району з його сучасною геологічною будовою за

допомогою палеографічних, палеотектонічних, палеогідрологічних і інших побудов, розрахунку глибини ерозійного зрізу району та інших видів спеціального геологічного аналізу з урахуванням умов утворення корінних розсипів бурштину, їх зв'язку з різними геологічними процесами та результатами впливу пізніших геологічних процесів на утворення вторинних розсипів.

Серед факторів другого роду для бурштину виділяються структурно-палеографічний, палеотектонічний, палеогеохімічний, палеогідродинамічний, палеокліматичний, палеогеоморфологічний, фактор ерозійного зрізу і врізу та палеофітологічний фактор.

Фактори другого роду, які обумовлюють сприятливу обстановку накопичення бурштину в певних частинах басейну седиментації відносяться до першорядних регіональних факторів.

Висновки. Пропоноване відновлення і розширення геолого-прогнозного картування на бурштин масштабу 1 : 200 000 в межах аркушів М-35-II, -III, -IV, -V, - III, -IX значно підніме надійність геологічних прогнозів щодо вже відомих бурштиноносних площ і дозволить значно приростити кількість та площі перспективних на бурштин ділянок з достовірними прогнозними показниками, що відкриває перспективи зростання бурштинової галузі в Україні на майбутнє. Відновлення даного виду регіональних робіт дозволить ув`язати численні ділянки надрокористування площею близько 10 га, на яких наразі виконується геологічне вивчення і дослідно-промислова розробка бурштиноносних надр, в єдині родовища, а також покращить геологічний супровід ліцензійних робіт на цих ділянках.

Список використаних джерел:

1. *Волненко С.О., Мельничук Г.В., Мамчур С.В., Курепа Я,С.* Старательські способи видобутку бурштину в Українському Поліссі // Вісті Донецького гірничого інституту: Всеукраїнський науково-технічний журнал / Гол. ред. Башков Є.О. – Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2017, вип 1 (40) 2017 . – С.118-122.
2. *Коваль Д.М., Мельничук В.Г., Криницька М.В., Столярець М.О.* Кризові явища в геологічному вивченні і промисловому освоєнні покладів бурштину в Україні (Організаційно-правові аспекти) // Проблеми геології України. Збірник наукових праць / Відп. ред. М. М. Павлунь. – Львів, 2024. – С. 98-106
3. *Криницька М.В., Шпирка В.М*. Територіальне районування бурштиновмісних площ України в світлі їх ієрархічного підпорядкування. *Український Бурштиновий Світ* : тези доповідей Другої Міжнар. конф. К.: Ін-т геол. НАН України. 2008. С. 12–13.
4. *Мельничук В.Г., Криницька М.В.* Бурштин Полісся. Довідник. – Рівне : НУВГП, 2023. – 239 с.
5. *Мельничук В.Г.* Методологія прогнозування та оцінки територій на виявлення покладів бурштину: геолого-географічні аспекти / В.Г. Мельничук, М.В. Криницька, Г.В. Мельничук // Збірник наукових праць Четвертої міжнародної науково-практичної конференції "Регіональні геоекологічні проблеми в умовах сталого розвитку". – Рівне, РДГУ. – 2020. – С. 22-26.
6. *Мельничук В.Г.* Негативні наслідки незаконного видобутку бурштину на Поліссі як предмет конструктивно-географічних досліджень / Мельничук В.Г., Криницька М.В., Мельничук Г.В. // Збірник наукових праць Четвертої міжнародної науково-практичної конференції "Регіональні геоекологічні проблеми в умовах сталого розвитку". – Рівне, РДГУ. – 2020. – С. 143-147.
7. *Мельничук В.Г.* Прогнозні фактори і пошукові ознаки локалізації бурштину в Прип'ятському басейні / В.Г. Мельничук, М.В. Криницька // Мат-ли Міжнародної наук. конф. «Х і наукові читання імені академіка Євгена Лазаренка "Мінералогія: сьогодення і майбуття" – ЛНУ ім. І.Франка, 2016. – С. 56-58.

8. Організація та проведення геологопрогнозного картування масштабів 1:200 000 і 1:50 000. Основні положення (тимчасові) / [Уклали П. Ф. Брацлавський, В. Я. Веліканов та ін.; відп.виконав. Л. С. Кузьменко]. – К.: Департамент геол. та викор. надр Мінекоресурсів Укр., 2001. – 75 с.

9. *Lucjan Gazda, Kazimierz Slowik, Konrad Galan*. Raport z wynikow badan petrograficznych probek osadow pobranych zwiercen w obrebie zloza surowca glaukoitowego „ Niedzwiada II" // Fundacja Rozwoju Politechiki Lubelskie – Lublin, Nr 1/F2020. – p. 8**.**

Фонди ДП "Українська геологічна компанія":

10. *Волненко С.О. та інші*. Геолого-прогнозне картування масштабу 1:200 000 західної частини Прип'ятського бурштиноносного басейну з оцінкою перспектив на бурштин в межах України // звіт Рівненської геологічної експедиції ПДРГП „Північгеологія" за 2004-2015 р.р., м. Рівне, 2014 р. – 1566 с., 16 арк. граф. дод.

11. *Волненко С. та інші* „Ревізія площ незаконного видобутку бурштину в Рівненській області", звіт Рівненської геологічної експедиції ПДРГП „Північгеологія" за 2005-2009 р.р., м. Київ, 2009 р.

УДК 553.94:622.7:691

РОДОВИЩЕ «НОВОВОЛИНСЬКЕ ТЕХНОГЕННЕ»: ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ПОРІД ВІДВАЛІВ У ВИРОБНИЦТВІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

***Нікішкін К.П.*[1]**, *rawterrikon@gmail.com*, ***Книш І.Б.*[2]**, *ivan.knysh@lnu.edu.ua;*
***Парфенюк В.О.*[3]**, *vladymyr.parfenyuk@ukr.net;* ***Михалюк М.В.*[4]**, *Malva_2008@ukr.net*,
1 – ТОВ «Екоенергоресурси», м. Львів, Україна,
2 – Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів, Україна,
3 – ТОВ «ГЕО-КРАТОН» м. Київ, Україна,
4 – Львівська національна наукова бібліотека України імені В. Стефаника, м. Львів, Україна

Досліджено потенціал використання відвальних порід вугільних шахт як техногенних родовищ корисних копалин. Показано, що такі об'єкти можуть стати важливим джерелом вторинної мінеральної сировини для виробництва цегли, цементу, щебеню та інших будівельних матеріалів, а також для отримання вторинного палива. На прикладі родовища «Нововолинське техногенне» наведено результати геологічних досліджень та випробувань, які підтвердили придатність порід відвалів до промислової переробки. Використання таких ресурсів відкриває перспективи розвитку ресурсозберігаючої економіки, зменшення екологічних ризиків і переходу України до більш сталих моделей природокористування.

THE DEPOSIT «NOVOVOLYNSK TECHNOGENIC»: EXPERIENCE OF USING WASTE ROCKS FOR THE PRODUCTION OF CONSTRUCTION MATERIALS

***Nikishkin K.*[1]**, *rawterrikon@gmail.com*, ***Knysh I.*[2]**, *ivan.knysh@lnu.edu.ua;*
***Parfenyuk V.*[3]**, *vladymyr.parfenyuk@ukr.net;* ***Myhaliyk M.*[4]**, *Malva_2008@ukr.net;*
1 – OOO «Ekoenergoresursy», Lviv, Ukraine,
2 – Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine,
3 – OOO «GEO-KRATON», Kyiv, Ukraine,
4 – Vasyl Stefanyk National Scientific Library of Ukraine, Lviv, Ukraine

The potential of utilizing waste rocks from coal mines as technogenic mineral deposits has been investigated. It is demonstrated that such formations may serve as an important source of secondary mineral raw materials for the production of bricks, cement, crushed stone, and other construction materials, as well as for the generation of secondary fuels. Using the Novovolynsk Technogenic Deposit as a case study, the results of geological surveys and testing are presented, confirming the suitability of waste rocks for industrial processing. The exploitation of these resources provides opportunities for advancing a resource-efficient economy, mitigating environmental risks, and supporting Ukraine's transition towards more sustainable models of natural resource management.

Промисловий розвиток завжди був тісно пов'язаний із масштабним використанням мінеральних ресурсів. Кам'яне вугілля протягом майже двох століть посідало провідне місце серед енергоносіїв, забезпечуючи розвиток енергетики, металургії, транспорту та хімічної промисловості. Однак видобуток вугілля супроводжується формуванням величезних обсягів пустих порід, що відокремлюються від корисної копалини та складуються у вигляді відвалів.

В Україні, де промисловий видобуток вугілля почав активно розвиватися у другій половині XIX ст., а особливо у XX ст., породні відвали стали невід'ємною частиною промислових ландшафтів Донбасу, Львівсько-Волинського та Дніпровського басейнів. Протягом десятиліть вони накопичувалися без системного підходу до їх подальшого використання. У радянський період відвали розглядалися переважно як другорядний техногенний об'єкт, який у кращому випадку рекультивували або використовували для відсипання інженерних споруд, але комплексної програми переробки не існувало. У 1990–2000-х роках, на фоні падіння вугільної галузі, значна частина відвалів залишилася без належного догляду, що посилило екологічні ризики.

Таким чином, породні відвали традиційно сприймалися як серйозна екологічна проблема, спадщина індустріальної епохи, яка потребує значних витрат на утримання, рекультивацію та зменшення небезпеки. Проте останніми роками науковці та інженери

почали все активніше розглядати їх не лише як відходи, а й як потенційне джерело нової техногенної сировини.

Мінералогічний склад відвальних порід - це переважно алюмосилікатна маса (глини, аргіліти, алевроліти, пісковики), збагачена на різних стадіях вуглевидобутку домішками кварцу, польових шпатів, карбонатів, гідроксидів заліза та навіть залишкового вуглецю. Така різноманітна структура робить їх придатними для використання у багатьох галузях промисловості: будівельній, хімічній, металургійній, енергетичній. Сучасні дослідження доводять, що за технологічної підготовки відвали можуть бути не проблемою, а цінним ресурсом, що частково замінює природну сировину, зменшуючи навантаження на довкілля.

У світовій практиці вже накопичено чималий досвід використання техногенних відходів як вторинної сировини. У країнах Європейського Союзу, Китаї, США активно впроваджуються технології залучення промислових відходів у виробництво будівельних матеріалів, цементу, скла, кераміки, а також у сфері рекультивації земель.

Міжнародний досвід підтверджує ефективність такої практики. У Польщі та Чехії відвальні породи вже десятиліттями використовуються у будівельних матеріалах. У Німеччині з 1970-х років реалізовано програми рекультивації та промислового використання шахтних відвалів, значна частина яких перетворена на парки й культурно-рекреаційні зони [1]. Китай активно впроваджує технології вилучення з відвальних порід рідкісноземельних та кольорових металів, а також їх використання у цементній та скляній промисловості [2]. У США розроблені програми «coal refuse reuse», що включають будівництво доріг, виробництво цегли та енергетичне використання [3].

Для України цей досвід надзвичайно цінний. З одного боку, у нашій державі накопичилися колосальні обсяги порід відходів вугільної промисловості, які становлять небезпеку для довкілля та здоров’я людей. З іншого боку, у країні існує гостра потреба у дешевій сировині для будівельної та хімічної промисловості, особливо в умовах воєнних руйнувань і необхідності відбудови. Використання порід відвалів як техногенного ресурсу може стати частиною стратегії післявоєнного відновлення, поєднуючи економічний розвиток із вирішенням екологічних проблем [4, 5].

Таким чином, використання порід відвалів вугільних шахт як техногенної сировини відкриває нові можливості для розвитку ресурсоефективної економіки, зменшення техногенного навантаження на природу та створення нових виробничих напрямів.

Виклад основного матеріалу. На сьогодні, найширше дослідженим є напрямок використання та переробки відходів вугільної промисловості у виробництві будівельних матеріалів. Відвальні породи можуть застосовуватися у виробництві: *цегли повнотілої та пустотілої* – як добавка до глинистої сировини, при випалюванні вони надають виробам більшої щільності, міцності та зменшують витрати палива завдяки вуглецевим залишкам; *керамзиту та легких заповнювачів* – термічно оброблені відвальні породи набувають пористої структури, що дає змогу використовувати їх для виробництва теплоізоляційних матеріалів; *цементу та цементного клінкеру* – як алюмосилікатний компонент, що частково замінює природний суглинок або глину; *дорожнього будівництва* – відсіви та щебенеподібні фракції застосовують у якості основи дорожніх покриттів, засипки траншей, відсипання насипів.

Об’єктом наших досліджень виступили вуглевмісні негорілі (аргіліт вуглевмісний) та перегорілі породи, які оцінювалися при геолого-економічній оцінці техногенного родовища «Нововолинське техногенне» [6].

Техногенне родовище «Нововолинське Техногенне» розробляється ТОВ «Екоенергоресурси», починаючи із 2025 року, керуючись спеціальним дозволом №6835 від 06.02.2025 р. на користування надрами, що виданий Державною службою геології та надр України, з метою видобування корисних копалин.

Родовище являє собою техногенний мінеральний об’єкт, що сформований породними відвалами (відходами) вугледобувного виробництва. Це колишній,

рекультивований породний відвал, розташований південніше колишньої промплощадки шахти № 6 «Нововолинська», 0,6 км на північний захід від смт Благодатне у Волинській області. З 2017 року на ділянці виконувалися геологорозвідувальні роботи, та із 2022 року проходила дослідно-промислова розробка частини відвалу. За результатами звіту про геологічне вивчення надр «Геолого-економічна оцінка кам'яного вугілля з геологічним довивченням ділянки «Нововолинська техногенна» (відвал шахти № 6 «Нововолинська») у Володимир-Волинському районі Волинської області», протоколом ДКЗ України № 5740 від 08 серпня 2024 року, були затверджені запаси корисних копалин [6, 7].

Техногенне родовище є комплексним об'єктом, на ньому оцінені та видобуваються – *кам'яне вугілля, аргіліт горілий (термічно змінений), придатний для виробництва щебню, аргіліт вуглевмісний негорілий, придатний для виробництва цегли, цементу та іншої будівельної продукції як паливний компонент шихти.*

Вуглевмісні відвальні породи родовища «Нововолинське техногенне» оцінені при ГЕО як комплексна сировина і можуть використовуватись для вилучення вторинного палива, для отримання щебню та застосовуватися в енерго-технологічних процесах виробництва цегли, цементу та іншої будівельної продукції. В цих напрямках вуглевмісні відвальні породи самостійного значення не мають і можуть розглядатися тільки як паливний компонент шихти.

Сировина для отримання вторинного палива. Згідно положень стандарту Міністерства вугільної промисловості України СОУ 10.1-00185755-003:2006 «Вторинне паливо з відходів породних відвалів, порядок обліку, вилучення та використання» породи відвалів є сировиною для вилучення вторинного палива, яке забезпечує раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів. Визначення вмісту та якості вторинного палива проводилися на підставі обстеження та випробування порід родовища (відвалу).

Для технологічних випробувань з метою визначення методів перероблення вуглевмісних відвальних порід, визначення виходу якісного вугілля і вилучення кам'яного вугілля, яке б відповідало вимогам ДСТУ 7146:2010 «Вугілля кам'яне та антрацит для побутових потреб. Технічні умови», в дослідному кар'єрі була відібрана валова проба вагою 3500 т негорілих відвальних порід з домішкою (слабо) горілих порід, характеристика якої наведена в табл. 1. Для покращення технологічних властивостей вуглевмісних відвальних порід як сировини, здійснена їх сепарація на фракції, що вміщують уламки кам'яного вугілля, та кожна з яких може мати більш високу товарну цінність, ніж вихідна відвальна порода.

Таблиця 1. Якісна характеристика проби для випробувань на вторинне паливо

Назва показників якості	Значення показників	Назва показників якості	Значення показників
Зольність A^d, %:		Вологість W_t^r, %	7,43
робочий стан	75,14	Нижча теплота згорання $Q_н$,	
сухий стан	81,17	*робочий стан,* ккал/кг:	786
Загальна сірка S^d, %		*сухий стан,* ккал/кг:	893
робочий стан	1,47	Вища теплота згорання $Q_в$,	
сухий стан	1,59	*сухий стан,* ккал/кг	935
Вихід летких речовин V^{daf}, %, *робочий стан*	9,94	*сухий беззольний стан,* ккал/кг	4965
сухий стан	10,73		

На збагачувальній лінії ПАТ «Львівська вугільна компанія» виконані напівзаводські технологічні випробування з метою отримання на промисловому обладнанні кам'яного вугілля, яке б відповідала вимогам наведеного ДСТУ. Енергетичні властивості вуглевмісних відвальних порід техногенного родовища визначається мінеральним складом вугленосних відкладів шахтного поля Нововолинська № 6. За виходом з вугілля летких речовин (37,2-37,35), вмісту органічної маси вуглецю та водню, спікливості та теплотворної здатності відноситься (7800-7900 ккал) до кам'яного вугілля промислових

марок газових або перехідних від довго полум'яних (ДГ) до газових (Г).

За результатами мінералогічних досліджень з ручною розробкою вуглевмісних відвальних порід фракцій 5-20 мм виділяються уламки вугілля, які за класифікаційними ознаками відповідають класу дрібне (М) з сім'ячком (С) з розміром уламків 6-25 мм.

Відвальні породи фракції 10-40 мм в кількості 598,32 т (17,1 % від валової проби), отриманої за результатами сепарації методами грохочення (розситування), досліджувались на збагачуваність. За результатами переробки цих відвальних порід фракції 10-40 мм на технологічній лінії ПАТ «Львівська вугільна компанія» отримано 41,04 тони суміші вугілля кам'яного (6,85 %) з якісними показниками, відображеними в табл. 2.

Таблиця 2. Якісна характеристика вторинного палива за результатами випробувань

Назва продукції	Марка вугілля	Зольність на сухий стан палива A^d, %,	Загальна волога на робочий стан палива W_t^r, %,	Нижча теплота згоряння на робочий стан палива Q_i^r, ккал/кг
Суміш вугілля кам'яного	ДГ/Г(Г2)	21,55	4,07	5744

Результати випробувань підтверджують збагачувальність вуглевмісних відвальних порід на техногенному родовищі, та можливість використання їх в якості сировини для отримання високозольного вторинного палива у вигляді суміші вугілля кам'яного та вуглевмісних порід.

Щебінь, відсів та продукт вуглевмісний: аргіліт. Вуглевмісні відвальні породи зазнали нерівномірного термічного впливу, що обумовило перешарування негорілих порід з перегорілими (згаслими). Поширення останніх локалізовано на окремих ділянках. Мінливий характер границь між перегорілими і негорілими різновидами порід, наявність частих перешарувань, близький хімічний склад обумовили визначення вуглевмісних відвальних порід дродовища «Нововолинське техногенне» в якості єдиного техногенного покладу (заскладовані у відвал шахтні породи) комплексних корисних копалин, з оцінкою якості сировини, як для отримання вторинного палива так і для виробництва будівельних матеріалів, зокрема цегли. Оцінка якості вуглевмісних відвальних порід в якості сировини для отримання щебню та використання в якості паливного компоненту шихти у виробництві цегли, цементу та іншої будівельної продукції проводились за діючими стандартами та спеціально розробленими технічними умовами, з урахуванням результатів лабораторних, лабораторно-технологічних і напівзаводських випробувань.

У своїх дослідженнях ТОВ «Екоенергоресурси» довели, що породи родовища, після переробки (грохочення на фракції) відповідають вимогам до продукції за ТУ У 38.1-35816705-001:2022 «Продукт вуглевмісний: аргіліт. Технічні умови», а також можуть використовуватись для виробництва щебню для будівельних робіт згідно з вимогами ТУ У 08.1-35816705-002:2023 «Щебінь аргіліто-алевролітовий і відсів з відходів вуглевидобутку Технічні умови».

Продукт вуглевмісний: аргіліт. Для покращення технологічних властивостей вуглевмісних негорілих відвальних порід як сировини, доцільною є їх сепарація на фракції, кожна з яких має більш високу товарну цінність, ніж вихідна відвальна порода. Це знайшло свої відображення в ТУ У 38.1-35816705-001:2022 Продукт вуглевмісний: аргіліт. Технічні умови, що поширюються на продукт вуглевмісний аргіліт, виготовлений шляхом переробки порід відвалів шахтної промисловості. Породи відвалу розрихлюються та навантажуються, і автотранспортом перевозяться до складів виробництва, де на спеціальному обладнанні по грохоченню проводиться очищення сировини від великих включень, уламків, побічних включень, розпушення і дроблення великих шматків первинної сировини, часткове збагачення, а також класифікація матеріалу за класом крупності.

За хімічним, гранулометричним складом та фізичними властивостями «продукт вуглевмісний: аргіліт» має відповідати нормам, вказаним в табл. 3.

Таблиця 3. Характеристика продукту вуглевмісного (аргіліт)

Назва показник якості	Норма	Назва показник якості	Норма
Зольність Ad, %	51,2-73,18	Сірка S^d, %	0,21-2,55
Нижча теплота згорання $Q_н$, ккал/кг	1400-2540	Вища теплота згорання $Q_в$, ккал/кг	2570-3700
Вихід летких речовин V^{daf}, %	12,2-19,7	Вуглець, %	25-45
Вологість W_t^r, %	9,4-16,5	Фракція, мм	0-10

Продукт вуглевмісний: аргіліт є доведеною та оціненою сировиною для цементної та цегельної промисловості.

Щебінь та відсів. Вуглевмісні відвальні породи можуть використовуватись для виробництва щебню для будівельних робіт згідно з вимогами ТУ У 08.1-35816705-002:2023 Щебінь аргіліто-алевролітовий і відсів з відходів вуглевидобутку Технічні умови. Ці технічні умови поширюються на щебінь аргіліто-алевролітовий і відсів з відходів вуглевидобутку, що виготовляються з відходів вуглевидубутку двох станів: а) незмінена суміш гірських порід (негорілі); б) суміш гірських порід метаморфізована температурою від 800° С до 1200° С (перегорілі), та призначені для благоустрою, влаштування насипів транспортних споруд, дорожніх і будівельних робіт, а також для виробництва будівельних матеріалів, виробів, конструкцій (для виготовлення наповнювачів бетону, в'яжучих матеріалів, цегли, черепиці, вуличних, тротуарних та інших покриттів, для виробництва мінеральної вати, при зведенні дамб, підпірних споруд, хвостосховищ тощо), з врахуванням термічних змін суміші порід, фракційності після грохочення, при підборі напряму використання.

ТОВ «Екоенергоресурси» виконало оцінка якості відвальних порід у відповідності до вимог ДСТУ 9177-2:2022 Матеріали щебеневі та гравійні для дорожнього будівництва. Технічні умови, який поширюється на матеріали неукріплені (незв'язні), що використовують для влаштування шарів дорожнього одягу без використання в'яжучих.

Перегорілі породи відносяться до сировини для виробництва щебеневих та гравійних матеріалів природного походження із сховищ (шахтні породи вуглевидобутку). Отриманий щебінь перегорілих порід за фракційним складом 20-40, 10-20, 5-10 мм відповідає щебню (гравію) заклинювальної фракції. Кількість пиловидних та глинистих часток коливається від 1,1 % до 2,0 %. За показником міцності у насиченому водою стані відповідає марці 1200, марка за стиранністю Ст-І та Ст-ІІ. Морозостійкість щебню після 15 циклів заморожування і відтаювання має втрати маси щебеню в межах 3,5-6,2 %, після 25 циклів втрати маси щебеню знаходяться в межах 4,2-9,6 %, що відповідає марці щебню за морозостійкістю F25. Щебінь за формою зерен пластинчастої і голчастої форми відноситься до звичайної групи.

Фізико-механічні властивості щебню з перегорілих порід свідчать про їх придатність для влаштування шарів дорожнього одягу основи автомобільних доріг V-V категорій.

Гранично допустимі рівні вмісту радіонуклідів у сировині, що використовується для виготовлення продукту не повинні перевищувати 370 Бк/кг відповідно до НРБУ.

Сировинна добавка у виробництві будівельних матеріалів. Для оцінки вуглевмісних порід родовища «Нововолинське техногенне» в якості сировини для виробництва будівельних матеріалів, на цегляному заводі в с. Брише Дубнівського району Рівненської області виконані технологічні випробування з метою отримання на промисловому обладнанні повнотілої та пустотілої цегли, яка б відповідала вимогам ДСТУ Б В.2.7-61:2008 із використанням шахтних порід вуглевмісного відвалу родовища.

Згідно технологічного регламенту, цегельний завод у виробництві цегли використовує суглинок Любанівського родовища, глину Могилянського родовища та в якості добавки до них вуглевмісні відвальні породи (аргіліт) родовища

«Нововолинське техногенне». *Глина* має коричневий та сірий колір різних відтінків, доволі бурхливо реагує на 10% розчин HCI, приблизний вміст карбонатів кальцію 2 %, серед домішок некарбонатні породи до 3-5 мм, рослинні залишки. *Суглинок* має жовтий колір з коричневими включеннями, дуже бурхливо реагує на 10% розчин HCI, приблизний вміст карбонатів кальцію 16%, містить карбонатні включення до 3,5 см, серед домішок некарбонатні породи до 2 см, рослинні залишки.

Для технологічних випробувань з метою отримання на промисловому обладнанні повнотілої та пустотілої цегли, яка б відповідала вимогам ДСТУ Б В.2.7-61:2008 використана *суміш негорілих* порід вуглевмісного відвалу.

Породи вуглевмісного відвалу (аргіліту) попередньо подрібнюється на молотковій дробарці. Дозування компонентів шихт проводяться об'ємним методом. Живильники дозують та безперервно подають робочу шихту для виробництва цегли. Після переробки змішана і зволожена суміш подається в прес для надання потрібної форми глиняного брусу. Відформований глиняний брус розрізається на окремі цеглини різальним напівавтоматом. Відрізана цегла-сирець маркується знаком відповідності. Сформований сирець викладався з рамки сушильних вагонеток та транспортувався в сушку. Сушка сирцю здійснювалась в сушилах тунельного типу з горизонтальним рухом теплоносія та рециркуляції. Термін сушіння складав 24 години.

Після сушіння проводилася розбраковка сирцю з урахуванням вимог ДСТУ Б В.2.7-61:2008. Якісний сирець випалюється у тунельній печі. В якості палива використовується вугілля. Випал цегли проводиться при температурі 900-950°С. В печі цегла випалюється на протязі 34 годин. Випалені вироби розбраковується та укладаються на піддони, випробується згідно вимог ДСТУ Б В.2.7-61:2008 та подають на склад готової продукції.

Випробування виконані по представницькій пробі вуглевмісних порід відвалу родовища «Нововолинське техногенне» вагою 35 т, відібраної в дослідно-промисловому кар'єрі, по пробі суглинку вагою 75 т, відібраної на Любанівському родовищі, та глини вагою 25 т з Могилянського родовища.

В напівзаводських умовах випробовувалися шихти, складені з урахуванням властивостей сировини (табл. 4).

Таблиця 4. Склад шихт

Номер шихти	Співвідношення компонентів (матеріалів) у шихті, %				Види продукції (цегли)
	суглинок	глина	шлам	породи вуглевмісного відвалу (аргіліту)	
Ш-1	50	25	5	25	Повнотіла
Ш-2	60	15	5	25	Повнотіла

За результатами формувального режиму випущена дослідні партії цегли у кількості 15500 шт. кожна. Випалені вироби розбраковувалися та випробовувалися згідно вимог ДСТУ Б В.2.7-61:2008. Результати розбраковки та випробувань наведені в табл. 5-7.

Таблиця 5. Результати розбраковки після сушіння

Лаб. № шихти	Вид виробів	Час сушіння, год.	К-сть виробів, шт		% браку	Вид браку
			завантаж. в сушку	вигруж. з сушіння		
Ш-1	Цегла повнотіла	24	15500	15414	0,6	Тріщини
Ш-2	Цегла повнотіла	24	15500	15448	0,3	Тріщини

Таблиця 6. Результати розбраковки виробів після випалу

№№ шихти	Вид виробів	Кількість виробів		% браку	Вид браку
		завантаж. у випал	без дефекту після випалу		
Ш-1	Цегла повнотіла	15414	15180	1,5	Тріщини
Ш-2	Цегла повнотіла	15448	15139	2,0	Тріщини

Таблиця 7. Результати випробувань цегли (температура випалу 900-950 °С)

№№ шихти	Вид виробів	Механічна міцність, кгс/см^2 при		Водо-поглин. %	Щільність, кг/м^3	Результати безпосереднього заморожування
		стисканні	згинанні			
Ш-1	Цегла повнотіла	120	22,3	16,7	1634	МРЗ 25
Ш-2	Цегла повнотіла	105	19,8	17,1	1633	МРЗ 25

Цегла усіх партій витримала випробування на наявність карбонатних включень. Низький відсоток браку після сушіння (0,3-0,6 %) і випалу цегли (1,5-2,0 %) свідчать про покращення якості продукції внаслідок добавки у шихту вуглевмісних порід із родовища.

Таким чином, випробуваннями глинистої сировини встановлена придатність використання продукту вуглевмісного аргіліту із родовища «Нововолинське техногенне» в якості складової шихти для отримання повнотілої цегли згідно ДСТУ Б В.2.7-61:2008.

Сировинна добавка у виробництві портландцементного клінкеру. Враховуючи речовинний склад, якісну характеристику та мінливість складу вуглевмісних порід, ще одним напрямком технологічних випробувань було дослідження вуглевмісних відвальних порід в якості добавок у виробництві в'яжучих матеріалів.

Хімічний склад вуглевідходів сприяє їх залученню в технологічний процес виробництва цементу. При використанні вуглевмісних порід в технології цементу реалізується їх енергетичний потенціал і мінеральна складова, представлена переважно глиноземом та кремнеземом. Така техногенна сировина може використовуватись в технології цементу в якості мінеральних (гідравлічних) добавок. Всі гідравлічні добавки представляють собою пористі, неміцні матеріали, які легко піддаються подрібненню.

Такі добавки, під назвою пуцоланових, не мають властивості до самостійного твердіння, проте суміш таких добавок із деякими в'яжучими речовинами, які містять вапно або виділяють його у взаємодії із водою, набувають здатність до самостійного гідравлічного твердіння. Їх склад представлений головним чином кремнеземом і невеликою кількістю глинозему (а також іншими оксидами). Кремнезем в них знаходиться в аморфному стані і дуже активний по відношенню до вапна. При взаємодії гідравлічної добавки з вапном утворюються гідросилікати і гідроалюмінати кальцію, які на відміну від вапна практично нерозчинні мають високу стійкість в умовах наявності води. Внаслідок цього, вапно, що є повітряною в'яжучою речовиною, набуває здатність твердіти у воді.

Таким чином, головне технічне призначення активних мінеральних полягає в тому, щоб зв'язати вапно в нерозчинну, здатну до водного твердіння речовину, надати повітряному вапну гідравлічні властивості і підвищити водостійкість портландцементу у прісній воді.

Вуглевмісні відвальні породи із родовища «Нововолинське Техногенне» вивчені в якості глинозем- і кремнеземвміщуючої добавки в сировинну суміш для отримання портландцементного клінкеру. Максимальний вміст алюмосилікатних вуглепорід в шихті може складати від 12 до 20 % (або 0,3-0,6 т на 1 т. клінкеру) [7].

Додавання вуглевмісних порід супроводжується одночасно зменшенням водоспоживання шихти і за рахунок спалювання паливних компонентів вуглевідходів зменшуються витрати палива і збільшується продуктивність цементних печей, що сприяло більш детальному вивченню енергетичних властивостей вуглевмісних порід родовища.

З метою визначення відповідності якісних показників сировини для отримання в заводських умовах цементної продукції «сухим» способом із використанням порід вуглевмісного відвалу (аргіліту) родовища «Нововолинське техногенне», на підприємство АТ «Подільський цемент» передані великооб'ємні валові проби, якісна

характеристика (середні значення) яких за результатами аналітичних досліджень в лабораторії SGS (м. Одеса) відображена в табл. 8.

Таблиця 8. Результати технічного аналізу валових проб вуглевмісних порід родовища «Нововолинське техногенне»

Назва показників якості	Значення показників якості	Назва показників якості	Значення показників якості
Вологість W_t^r, %	11,36	Вихід летких речовин V^{daf}, %	
Зольність A^d, %:		*робочий стан*	12,31
робочий стан	60,66	*сухий стан*	13,92
сухий стан	68,40	Нижча теплота згорання $Q_н$, ккал/кг	1642
Загальна сірка S^d, %		Вища теплота згорання $Q_в$, ккал/кг	1996
робочий стан	1,89	Вуглець (органічний), %	17,68
сухий стан	2,14	Хлор	
		робочий стан	0,013
		сухий стан	0,014

Для визначення можливого складу клінкеру в промислових умовах виконані розрахунки сировинної суміші за відповідним рецептом з використанням вапняку Гуменецького родовища, глинистих порід Колубаївської ділянки Гуменецького родовища, вуглевмісних відвальних порід родовища «Нововолинське техногенне», залізоносного компоненту.

Клінкерна маса виготовлена на виробничих потужностях підприємства згідно технологічного регламенту, технологічні параметри відповідають виробничим, згідно вимогам ТУ У 27.1-14085879-001:2008 «Сировина для виробництва портландцементного клінкеру. Технічні умови».

Цемент, виготовлений на базі отриманого портландцементного клінкеру нормованого складу (КТ - 2), пройшов випробування згідно вимог ДСТУ Б В.2.7-46-2010 «Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови», за результатами яких виготовлений портландцемент відповідає характеристикам марки 400.

Результати технологічних дослідженнь показали, що вуглевмісні відвальні породи родовища «Нововолинське техногенне» придатні для використання в якості складової шихти у виробництві портландцементного клінкеру. У випробуваннях для виробництва цементу використовувались негорілі відвальні породи, що сприяло отриманню якісної продукції.

Висновки. За проведеними дослідженнями, вуглевмісні породи родовища «Нововолинське техногенне», оціненені як техногенна сировина, яка може знайти широке застосування у будівельній, хімічній, металургійній, енергетичній галузях, а також у сфері рекультивації земель. Використання техногенних порід у галузях промисловості сприяє формуванню замкнутих технологічних циклів, скороченню екологічних ризиків та раціональному використанню ресурсів.

Для повноцінного впровадження необхідні: створення регіональних програм переробки відваліввуглевидобутку; розвиток технологій вилучення цінних компонентів; адаптація законодавства та будівельних норм; стимулювання підприємств до використання вторинної сировини.

Таким чином, відвальні породи з об’єктів екологічної небезпеки перетворюються на стратегічний ресурс майбутнього, що поєднує економічну доцільність та екологічну відповідальність.

Список використаних джерел:

1. Kasztelewicz Z, 2014. Approaches to post-mining land reclamation in Polish open-cast lignite mining. Civil and Environmental Engineering Reports. 12(1), 55- 67

2. Wang, J; Liu, W; Yang, R; Zhang, L; and Ma, J. “Assessment of the potential ecological risk of heavy metals in reclaimed soils at an opencast coal mine”, *Disaster advances*, 6(3): 366-377, 2013.

3. US Environmental Protection Agency (US EPA). (2019). Beneficial Use of Coal Combustion Residuals (CCR) and Coal Refuse. Washington, DC.

4. Книш І.Б. Перспективи використання відходів вугільної промисловості Львівщини як нової мінеральної сировини // Вісник Львівського ун-ту. Серія геологічна. – 2006. – № 20. – С. 111-123.

5. Терещук О. Вплив відвалів гірничодобувної промисловості на навколишнє середовище Нововолинського гірничопромислового району. Вісник Львівського університету. Серія географічна. 2007. Вип. 34. С. 279–285.

6. Геолого-економічна оцінка кам’яного вугілля з геологічним довивченням ділянки «Нововолинська техногенна» (відвал шахти № 6 «Нововолинська») у Володимир-Волинському районі Волинської області / ТОВ «Гео-Кратон»; Відпов. виконав.: В. Парфенюк. Київ, 2024.

7. Звіт з оцінки впливу на довкілля видобування корисних копалин з техногенного родовища «Нововолинське техногенне» (відвал шахти № 6 «Нововолинська» / ТОВ «НВП «Укргеологострom». Київ, 2024. 512 с.

УДК 330:553

МІЖНАРОДНА СПІВПРАЦЯ ТА ПРОЕКТНА ДІЯЛЬНІСТЬ СПІЛКИ ГЕОЛОГІВ УКРАЇНИ

***Чернієнко Н.М.*[1]**, *к. геол. н., nata.cherniyenko@gmail.com;*
***Андрєєва О.О*[1, 2]**, *к. геол. н., andreeva_ea@ukr.net;*
***Бучинська В.О.*[2,3]**, *viktoriia.obuch@gmail.com;*
1 – ГО "Спілка геологів України", Київ, Україна,
2 – ННІ «Інститут геології» КНУ імені Тараса Шевченка, Київ, Україна,
3 – ТОВ «Інститут ТУТКОВСЬКОГО», Київ, Україна

Розглянуто участь Спілки геологів України в міжнародних геологічних ініціативах. Геологічні служби провідних країн активно трансформуються, адаптують свої місії, завдання та методи роботи для вирішення сучасних глобальних викликів. Така еволюція геологічних служб забезпечує їх ключову роль у підтримці сталого розвитку та збереженні природних ресурсів для майбутніх поколінь, відкриває нові можливості для вирішення екологічних, кліматичних та ресурсних проблем, забезпечуючи стабільність та гармонійний розвиток суспільства. Українська геологія інтегрується в глобальні процеси трансформації геологічних служб. Її внесок у формуванні нової моделі гармонійного співіснування людини й природи в умовах сучасного світу є вагомим. Спілка геологів України, як професійний інститут громадянського суспільства, відіграє активну роль у сприянні інтеграції геологічних знань, підвищенні статусу геологічних наук.

INTERNATIONAL COOPERATION AND PROJECT ACTIVITIES OF THE UKRAINIAN ASSOCIATION OF GEOLOGISTS

***Cherniyenko N.*[1]**, *Cand. Sci. (Geol.), nata.cherniyenko@gmail.com;*
***Andrieieva O.*[1,2]**, *Cand. Sci. (Geol.), andreeva_ea@ukr.net;*
***Buchynska V.*[2,3]**, *viktoriia.obuch@gmail.com;*
1 – Ukrainian Association of Geologists, Kyiv, Ukraine,
2 – "Institute of Geology" Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,
3 – TUTKOVSKY Institute LLC, Kyiv, Ukraine

The participation of the Ukrainian Association of Geologists in the international geological initiatives have been described. Geological services in leading countries are actively transforming, adapting their missions, tasks, and working methods to address contemporary global challenges. This evolution of geological services ensures their key role in supporting sustainable development and preserving natural resources for future generations, opens up new opportunities for solving environmental, climate, and resource problems, and ensures the stability and harmonious development of society. Ukrainian geology is integrating into the global processes of transformation of geological services. Its contribution to the formation of a new model of harmonious coexistence between humans and nature in the modern world is significant. The Ukrainian Association of Geologists, as a professional institution of civil society, plays a vital role in promoting the integration of geological knowledge and raising the status of geological sciences.

Україна бере активну участь у впровадженні міжнародних геологічних ініціатив, які сприяють зміцненню її інтеграції в європейську дослідницьку спільноту, підвищенню безпеки постачання сировини та розвитку сталих енергетичних рішень.

Спілка геологів України (СГУ) - всеукраїнська громадська організація створена в 2000 році з метою об'єднання професіоналів у галузі геології, гідрогеології, геофізики, інженерії та інших професій у сфері наук про Землю. Спілка геологів України впродовж багатьох років поєднує у своєму складі фахівців провідних геологічних підприємств, організацій, установ, відомств – Державної служби геології та надр України, Національної академії наук України, НАК «Нафтогаз України», НАК «Надра України», Вищих навчальних закладів відповідного профілю та інших. [1]

Місія Спілки полягає у розвитку геологічних наук, сприянні досягненню глобальних цілей сталого розвитку та підтримці процесів «зеленої» трансформації. Її діяльність спрямована на обмін знаннями, передовими технологіями та дослідницькими ініціативами. Спілка сприяє науковій та виробничій співпраці, організовує геологічні конференції, наукові зустрічі та розвиває цифрову мережеву платформу ONEGEO [2].

Спілка функціонує як багаторівнева експертна мережа, поєднуючи національну координацію з міжнародною інтеграцією. Діяльність СГУ поширюється як на

національному рівні в Україні, так і на міжнародному, позиціонуючи її як активного учасника світової геологічної спільноти.

З метою розширення професійних контактів Спілка стала членом міжнародних геологічних організацій, серед яких Європейська федерація геологів (EFG), Європейська асоціація вчених, геологів та інженерів (EAGE), Американська асоціація геологів-нафтовиків (AAPG), Товариство геофізиків-розвідників (SEG) та інші. Окрім цього, Спілка співпрацює з національними геологічними організаціями Європи. [3]

З 2015 року СГУ працює над проектами, започаткованими Європейською федерацією геологів (EFG) в межах Рамкової програми Європейського Союзу з досліджень та інновацій «Горизонт 2020»: KINDRA, INTRAW, UNEXMIN, CHPM2030, INFACT, CROWDTHERMAL, ENGIE, REFLECT. [4, 5]

Сьогодні СГУ залучена до трьох міжнародних ініціатив: CRM-Geothermal, CEEGS та GSEU (Geological Service for Europe). [5]

Проєкт GSEU (Створення геологічної служби для Європи) фінансується ЄС в рамках Coordinated Support Action (CSA, Скоординована програма підтримки). Проєктний консорціум представлений 49 партнерами з 36 країн. [6, 7]

Координатором проекту є EuroGeoSurveys - це асоціація з 37 європейських геологічних організацій, які об'єднують понад 10 000 фахівців, що співпрацюють через наукові, експертні групи та робочі групи.

Створення Геологічної служби для Європи (GSEU) зумовлене необхідністю мати точну та достовірну геологічну інформацію, без якої неможливо ефективно долати сучасні глобальні виклики. Для успішного енергетичного переходу, збереження довкілля та забезпечення сталого розвитку, відповідальні особи, що ухвалюють рішення, потребують комплексних геологічних даних, експертних висновків і науково обґрунтованих рекомендацій. Це дозволить їм впевнено діяти у складних та взаємопов'язаних сферах, що вимагають раціонального управління та використання надр. Майбутня Геологічна служба Європи покликана виконати цю місію, зменшуючи розрив між науковими дослідженнями та політичними рішеннями. Вона забезпечуватиме доступ до єдиної платформи геологічних знань, інструментів та аналітики, необхідних для прийняття рішень у сфері надрокористування. Сприяючи обміну досвідом і співпраці між зацікавленими сторонами, GSEU стане основою для: формування політики, заснованої на точній інформації, управління ризиками, розширення громадської участі, підтримки довгострокової соціально-економічної й екологічної стійкості Європи.



Рис. 1. Основні принципи GSEU

Задля реалізації цієї мети проєкт GSEU розробляє та інтегрує геологічні дані, створює інфраструктуру для їх зберігання й використання, формує експертну базу, а також визначає організаційні та управлінські механізми. Проєкт GSEU спрямований на максимальне

використання досвіду існуючих національних геологічних служб. Крім того, забезпечується активна взаємодія із зацікавленими сторонами (стейкхолдерами), яка вкрай необхідна для функціонування сталої Геологічної служби Європи у майбутньому.

Місія проекту – забезпечити сталий та відповідальний підхід до використання надр Землі та її ресурсів.

Основними завданнями проєкту є:

- **Мінеральна сировина**: переоцінка європейських ресурсів первинної критичної сировини; створення Міжнародного центру передового досвіду зі сталого управління ресурсами (EU ICE-SRM); сприяння впровадженню Рамкової класифікації ресурсів ООН (UNFC) та Системи управління ресурсами ООН (UNRMS).
- **Геоенергетичні ресурси**: сприяння забезпеченню відповідального та ефективного використання геотермальних енергетичних ресурсів і потужностей підземного зберігання сталих енергоносіїв (таких як водень), уловлювання, використання та зберігання CO2.
- **Ресурси підземних вод**: сприяння захисту підземних водних ресурсів Європи та збору стандартизованих даних щодо стратегічних ресурсів підземних вод, удосконалення методів моніторингу, візуалізації, картографування кількісно-якісних параметрів підземних вод, а також потенціалу тимчасового зберігання.
- **Узбережжя та море**: застосування знань прибережної та морської геології для сталого розвитку, управління та захисту прибережних територій і морського дна, а також оптимізація розміщення офшорних вітрових електростанцій і супутньої інфраструктури.
- **Налаштування геологічної основи**: посилення міжнародного співробітництва щодо наукових стандартів базової геології; вдосконалення Європейської цифрової геологічної інформаційної системи; вдосконалення основи для підтримки прийняття оптимальних управлінських рішень шляхом надання геологічної інформації та досвіду.
- **Європейська інфраструктура геологічних даних (EGDI)**: перетворення поточної інфраструктури даних в інфраструктуру знань, надання інформації політикам та іншим зацікавленим сторонам.

Науковим підґрунтям для бачення Геологічної служби Європи слугує Стратегічна програма досліджень та інновацій (SRIA) на 2025–2034 роки [8, 9]. Її мета – окреслити довгострокові напрями розвитку, що сприятимуть сталому управлінню геологічними ресурсами, забезпеченню енергетичного переходу, боротьбі зі зміною клімату та зміцненню конкурентоспроможності ЄС.

Цей документ використовується як дорожня карта для політиків, науковців та промисловості, забезпечуючи узгоджене бачення і підтримку стратегічних цілей Європейського Союзу, включно з Європейським зеленим курсом та Цілями сталого розвитку ООН.

У відповідності до політики ЄС (наприклад, Закону про критичні сировинні матеріали та Закону про нульові викиди в промисловості), SRIA визначає ключові пріоритетні напрямки задля прискорення економічної, екологічної та соціальної стійкості Європи, підтримки ресурсної бази та безпеки.

Документ містить докладні описи пріоритетних напрямів, таких як:

- Дослідження й оцінка потенціалу Європи щодо сировинних ресурсів.
- Відповідальне забезпечення сировиною.
- Підтримка циркулярної економіки в добувній промисловості.
- Геотермальна енергетика, зберігання CO_2, зберігання водню.
- Цифровий перехід у геології (3D-моделі, AI, стандарти даних EGDI).
- Управління водними ресурсами та екологічними ризиками.
- Геологія міст, планування землекористування, геоспадщина.
- Підтримка прийняття рішень і політики через геодані.



Рис. 2. Пріоритети Стратегічної програми [8]

Проект GSEU розпочато у 2022 році, його тривалість становить 5 років.

Від України в цьому проекті беруть участь ГО «Спілка геологів України», Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, Інститут геологічних наук НАН України, ДНВП «Геоінформ України». Українські учасники залучені до реалізації низки робочих пакетів проекту. ГО «Спілка геологів України» завдяки залученим експертам приймає участь у 4 пакетах, що спрямовані на критичну сировину, геотермальну енергетику, підземні води, офшорну вітроенергетику, та здійснює поширення інформації щодо проведених заходів і отриманих результатів у межах проекту.

Як член Європейської федерації геологів (European Federation of Geologists, EFG) ГО «Спілка геологів України» бере участь у двох проектах (CRM-Geothermal та CEEGS), що фінансуються програмою Horizon Europe. В рамках проектів Спілка залучена до комунікаційної і освітньої діяльності.

Проєкт CRM-Geothermal [10], має на меті поєднати видобуток геотермальної енергії з вилученням критичної мінеральної сировини (CRM) із геотермальних флюїдів. Енергетичний та цифровий перехід потребують значної кількості мінеральної сировини, частина якої вважається «критичною» для Європейського Союзу. Ці критично важливі сировинні матеріали (CRM) переважно імпортуються з країн за межами Європи, де екологічні та етичні стандарти можуть бути менш суворими, ніж у ЄС.

Водночас ЄС має значні невикористані ресурси у геотермальних флюїдах, деякі з яких містять значну кількість CRM. Тому проєкт CRM-geothermal пропонує поєднати видобуток мінеральної сировини з отриманням геотермального тепла — відновлюваного енергоресурсу з надр, доступного 24 години на добу. Технологічне рішення, розроблене в рамках CRM-geothermal, допоможе Європі досягти стратегічних цілей Європейського зеленого курсу та Порядку денного сталого розвитку, одночасно зменшуючи залежність від імпортних CRM.

Хоча відомо, що CRM трапляються у геотермальних флюїдах, досі існує багато невизначеностей щодо їх поширення в різних геологічних умовах та можливостей їх

видобутку. Сам процес видобутку є серйозним викликом та потребує розробки нових технологій.

Проект CRM-geothermal має наступні цілі:

- Сформувати огляд потенціалу геотермальних флюїдів як джерела сировини для широкого спектра елементів CRM у країнах ЄС та третіх країнах.
- Визначити джерела вибраних CRM, їхню мобільність та потенціал сталого видобутку з геотермальних розсолів.
- Розробити та оптимізувати інноваційні технології видобутку вибраних CRM із геотермальних розсолів, які можуть стати бізнес-основою для створення нових малих та середніх підприємств у ЄС.
- Оцінити екологічну, соціальну та економічну доцільність, створити прозорі й відстежувані ланцюги доданої вартості та сприяти етичному видобутку CRM.
- Продемонструвати на пілотному майданчику технологію видобутку щонайменше одного CRM у польових умовах на масштабі мініустановки та оцінити загальну сталість системи.

Під час виконання проекту реалізуються польові та лабораторні дослідження, включно з розширенням атласу геотермальних ресурсів, відбором зразків із бурових свердловин, тестуванням модульної демонстраційної установки. Особлива увага приділяється аналізу мобільності CRM, створенню системи звітності, сумісної з UNFC/UNRMS, а також залученню громадськості, що відповідає сучасним вимогам соціальної ліцензії.

Проект розпочато у 2022 році. Його тривалість становить 4 роки.

Проект – CEEGS (CO_2-based Electrothermal Energy and Geological Storage Systems) [11] спрямований на розробку крос-секторальної технології для енергетичного переходу.

Консорціум включає 10 партнерів з 5 європейських країн, які об'єднують міждисциплінарні знання в галузі енергетичних систем, зберігання енергії, геології, геотермальних технологій, геологічного зберігання CO_2 та соціальних наук. У роботі також беруть участь провідні європейські геологічні асоціації та представники енергетичного сектору.

Проект розробляє нову концепцію, яка дозволить збільшити обсяги зберігання енергії з відновлюваних джерел (ВДЕ), водночас сприяючи впровадженню технологій захоплення та зберігання CO_2, таким чином підтримуючи реалізацію Європейського зеленого курсу. Така система дозволяє одночасно зберігати енергію, вловлювати викиди CO_2 та використовувати геотермальне тепло. Проект спрямований на підвищення ефективності і зниження вартості технологій зберігання енергії з низьким впливом на довкілля.

Довгострокова кліматична стратегія ЄС і Європейський зелений курс підкреслюють ключову роль відновлюваних джерел енергії для досягнення цілей континенту щодо декарбонізації. Однак джерела ВДЕ, такі як вітер та сонце, потребують впровадження систем зберігання енергії великого масштабу для підвищення енергетичної безпеки. Крім того, «Світовий енергетичний огляд» МЕА за 2020 рік і останні звіти МГЕЗ (IPCC) наголошують, що Паризька кліматична угода та цілі ЄС не можуть бути досягнуті без значного захоплення CO_2 у важкодекарбонізованих секторах, таких як виробництво цементу, сталі, заліза або добрив. В умовах нинішньої енергетичної кризи також вкрай важливо диверсифікувати портфель ВДЕ, збільшуючи використання постійних джерел, таких як геотермальна енергія.

Проект CEEGS розробляє інноваційну електротермічну систему зберігання енергії на основі CO_2 у поєднанні з геологічним зберіганням. Концепція передбачає інтеграцію транскритичних циклів CO_2 з підземним зберіганням енергії шляхом одночасного геологічного захоплення CO_2 і вилучення геотермального тепла, що дозволяє підвищити ефективність і економічну доцільність технологій захоплення, використання та зберігання вуглецю (CCUS), а також зберігання відновлюваної енергії з мінімальним впливом на довкілля. CEEGS має на меті перевести теоретичну концепцію на рівень перевіреної

лабораторної технології, пропонуючи міжсекторальне технологічне рішення для енергетичного переходу.

Проект розпочато у 2022 році. Комерціалізація технології можлива за ~9–10 років після трьох етапів розвитку: демонстраційна установка 20 кВт (TRL 4), демонстраційна установка 100 кВт (TRL 6), масштабування до промислового рівня. Тривалість кожного його етапу становить 3 роки.

Ці проєкти є прикладом синергії інженерних, екологічних, геологічних та цифрових технологій, що разом формують нову парадигму сталого розвитку. Вони відповідають цілям Європейського зеленого курсу, сприяють зміцненню геологічної безпеки та підтримують цифрову трансформацію в геонауках. Через участь у них Україна не лише інтегрується у спільний науковий простір ЄС, а й активно впливає на формування майбутнього ресурсної політики, підвищуючи свою міжнародну наукову репутацію.

Таким чином, участь України в цих міжнародних геологічних проектах відкриває нові можливості для трансферу технологій, нарощування наукового потенціалу та зміцнення енергетичної і ресурсної безпеки країни. Всі три ініціативи мають стратегічне значення, оскільки дозволяють поєднувати дослідження надр із завданнями екологічної безпеки, цифровізації геологічної інформації та розвитку зеленої економіки.

Список використаних джерел:

1. Спілка геологів України. Офіційний сайт. https://geologists.org/
2. ONEGEO – цифрова мережева платформа. Офіційний сайт. https://onegeo.com/
3. Спільне засідання Спілки Буровиків України, Спілки геологів України, Асоціації «Нафта і Газ України», Асоціації «Енергетичних та природних ресурсів України». https://geologists.org/en/news/joint-meeting-of-the-ukrainian-association-of-drillers,-the-ukrainian-association-of-geologists,-the-association-%E2%80%9Coil-and-gas-of-ukraine%E2%80%9D,-and-the-association-of-energy-and-natural-resources-of-ukraine
4. Лівенцева Г., Іванова О., Демчук Ю. (2021) Внесок Спілки геологів України в інноваційну трансформацію Європейського Союзу: досвід участі у грантових програмах. Геолог України, 1-2 (44-45), 144-157. http://journal.geologists.org.ua/article/view/238968/237517
5. Спілка геологів України. Проекти. Офіційний сайт. https://geologists.org/ua/projects
6. Geological Service for Europe. Офіційний сайт проекту. https://www.geologicalservice.eu/about-us
7. A Geological Service for Europe – Empowering sustainability through subsurface data and knowledge. Позиційний документ. https://eurogeosurveys.org/agseupaper/
8. Програма стратегічних досліджень та інновацій (2025-2034). Створення геологічної служби для Європи. Брошура. https://geologists.org/files/ua/SRIA_2025.pdf
9. The EuroGeoSurveys Ten-Year Strategic Research and Innovation Agenda (SRIA) 2025-2034. Програма стратегічних досліджень та інновацій. https://eurogeosurveys.org/wp-content/uploads/2025/03/SRIA-EGS-2025.pdf
10. CRM-geothermal. Офіційний сайт проекту. https://crm-geothermal.eu/
11. CEEGS. Офіційний сайт проекту. https://ceegsproject.eu/

УДК 349.4

ПРАВОВІ АСПЕКТИ ПРОВЕДЕННЯ ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНИХ РОБІТ НА БУРШТИН ГІДРОМЕХАНІЗОВАНИМ МЕТОДОМ

Коваль Д.М., *аспірант, daniel.of.volyn@gmail.com,*
Ремезова О.О., *д. геол. н., elena.titania2305@gmail.com,*
Інститут геологічних наук НАН України, м. Київ, Україна

У статті розглянуто правові аспекти проведення геологорозвідувальних робіт на бурштин із використанням гідромеханізованого методу. Видобуток бурштину в Україні є важливою складовою мінерально-сировинної бази, проте його освоєння супроводжується значними екологічними, матеріально-технічними соціальними та правовими проблемами. Застосування гідромеханізованого методу потребує дотримання низки нормативно-правових актів, що регулюють проведення геологорозвідки, дослідно-промислової розробки та експлуатації родовища. У роботі проаналізовано положення Кодексу України про надра, Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», Водного та Земельного кодексів, а також підзаконних актів, що регламентують процедури надання дозволів і погоджень. Наголошено на необхідності комплексного підходу до правового регулювання, який враховує як економічні інтереси держави та надрокористувача, так і екологічну безпеку регіонів, де здійснюється розробка бурштиноносних покладів.

LEGAL ASPECTS OF CONDUCTING GEOLOGICAL EXPLORATION FOR AMBER USING THE HYDROMECHANIZED METHOD

Koval D., *postgraduate student, daniel.of.volyn@gmail.com,*
Remezova O., *Dr. Sci. (Geol.), elena.titania2305@gmail.com,*
Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The article considers the legal aspects of conducting geological exploration for amber using the hydromechanized method. Amber mining in Ukraine is an important component of the mineral resource base, however, its development is accompanied by significant environmental, material and technical social and legal problems. The use of the hydromechanized method requires compliance with a number of laws that regulate geological exploration, experimental and industrial development and exploitation of the deposit. The paper analyzes Code of Ukraine on Subsoil, the Law of Ukraine "On Environmental Protection", the Water and Land Codes, as well as by-laws that regulate the procedures for granting permits and approvals. The need for a comprehensive approach to legal regulation is emphasized, which takes into account both the economic interests of the state and the subsoil user, and the environmental safety of the regions where amber-bearing deposits are developed.

Вступ. Верховна Рада України 19 грудня підтримала у другому читанні законопроект №2240 про врегулювання видобутку бурштину [1], який мав на меті спростити доступ до бурштиноносних надр для бізнесу, посилити кримінальну відповідальність за незаконний видобуток та стимулювати вихід бурштинового ринку з тіні. Закон викликав значний попит серед підприємців, кількість виданих ліцензій станом на жовтень 2023 року становила 56 одиниць [2], інформація про кількість діючих спеціальних дозволів пов'язаних з бурштином на сьогодні обмежена через введені на період дії воєнного стану, проте їх кількість продовжує зростати, як і заяв щодо номінування ділянок на аукціон – станом на жовтень у 2025 році підприємці подали 344 заяви, з яких 152 заяви – для ділянок бурштину [2] – це 44,2% від загального числа заяв.

Закон [1] призвів не тільки до «буму» в освоєнні бурштиноносних надр, але й випадково призвів до легалізації гідророзмиву. Законопроектом передбачені внесення змін в законодавство, одне з яких стосується Адміністративного кодексу України. Після прийняття змін у Кодексі з'явилась стаття 58^1: «Видобування корисних копалин з використанням обладнання, яке не пройшло відповідно до закону обов'язкову сертифікацію, тягне за собою накладення штрафу на громадян від ста до двохсот неоподатковуваних мінімумів доходів громадян і на посадових осіб - від двохсот до трьохсот неоподатковуваних мінімумів доходів громадян» [4]. Якщо раніше поява засобів гідромеханізованого видобутку була однозначно незаконною, то тепер кустарні дизельні насосні установки паспортизуються та сертифікуються. Зникає правова передумова для застосування адміністративних і кримінальних заходів і покарань.

Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ бурштину[5], в статті 12.4 передбачає наступне: «Вивчення розсипів бурштину здійснюється свердловинами великого діаметра, шурфами, траншеями (канавами) та дослідними кар'єрами, а також у природних відслоненнях, проте не уточнює, яким саме чином відбувається проходка свердловин і шурфів, тож видобуток бурштину методом гідророзмиву перетворився в проходку шурфів методом гідромеханізації з метою геологічного вивчення.

Суть цього методу полягає у вертикальному розмиві піщанисто-глинистих гірських порід напірними водами та піднятті кусків бурштину висхідними потоками води на поверхню. При проходці свердловин гідророзмиву на денній поверхні утворюється округлі воронки різних розмірів, в залежності від складу перекриваючих порід й інтенсивності та тривалості розмиву. В надрах утворюються близькі до циліндричної форми камери, які заповнюються перемитими та перемішаними продуктами руйнування відкладів продуктивної товщі та перекриваючих порід [6]. Основним недоліком методу гідророзмиву можна віднести невисокий процент виходу бурштину відносно первинного залягання [6], при застосуванні методу свердловинного гідророзмиву визначений вміст бурштину вказує лише на наближене значення і не може бути використаний для підрахунку запасів корисної копалини [7]. Основними перевагами методу є можливість розробки родовищ з складними гірничо-геологічним умовами, швидкість та мобільність, дешевизна [6].

Потенціал використання гідромеханічної розвідки вивчили і обґрунтували польські геологи. За дорученням Міністерства охорони навколишнього середовища, у 2010 році були розроблені «Принципи пошуку та документування родовищ бурштину» [3]. У процесі пошуку та ідентифікації бурштину методикою допустимо використовувати такі технології буріння та відбору проб:

- Буріння свердловин – ручне або механічне обертальне буріння,
- Гідравлічне буріння свердловин (рис. 1) – передбачає створення отворів з поверхні землі за допомогою спрямованого струменя води, який розмиває викопаний ґрунт.
- Гідромеханічне буріння свердловин – передбачає видобуток бурштиноносних формацій вздовж осі свердловини за допомогою струменя води під тиском, що подається через свердловину.

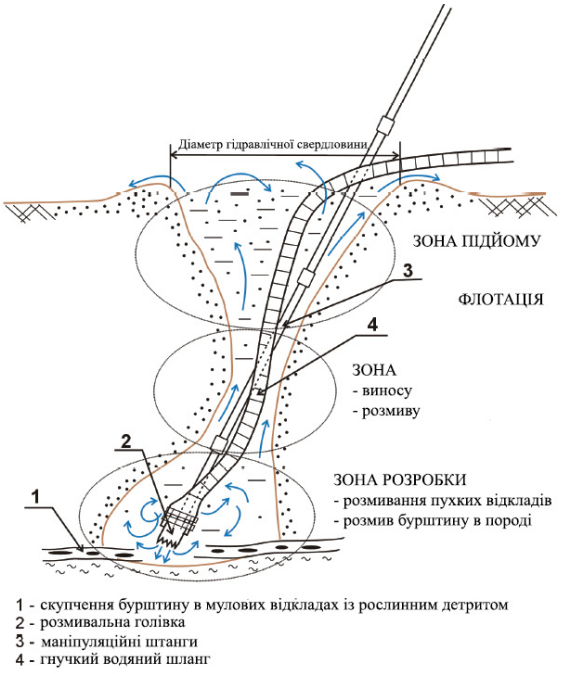


Рис. 1. Схематичне зображення гідромеханічного методу розвідки [16]

Загальні рекомендації даної методики [3] передбачають, що у випадку залягання бурштину в сипких, обводнених породах, де відбір відповідних зразків керна ускладнений або неможливий, рекомендується використовувати гідравлічні свердловини. Обґрунтовано, що поклади бурштину можливо вивчати засобами гідромеханізації до глибини 30 м, з можливістю чіткого арифметичного підрахунку запасів.

В українському законодавстві не існує інструкції чи методики, яка б пояснювала надрокористувачу як і коли, при яких обставинах можна застосовувати даний метод, щоб в погоні за прибутком не нанести шкоди довкіллю. Випадки очевидних зловживань потрапляють в поле зору правоохоронних органів, наприклад: «на Рівненщині припинили діяльність організації, яка займалася незаконним видобутком бурштину і завдала збитків довкіллю на суму понад 350 млн гривень» [8].

Використання засобів гідромеханізації, як альтернативу, викликане тим, що частина ділянок бурштину розташована в заболочених територіях де неможливо використовувати важку бурову техніку, проте можливе використання засобів гідромеханізації. Існують ділянки із великими концентраціями бурштину, на яких розсип залягає на глибинах від 30-60 метрів в обводнених породах. Відкритими гірничими чи підземними виробками дістати такий бурштин не можливо, тому він вилучається гідророзмивом під виглядом видобутого кар'єрним способом. Крім того, використання засобів гідромеханізації в рази підвищує маржинальність та рентабельність бурштину, за рахунок зменшення витрат на гірничі роботи, паливно-мастильні матеріали, амортизацію і зарплатню. Надрокористувачам, які видобувають бурштин відкритим способом, важко конкурувати з підприємствами, які видобувають бурштин гідророзмивом.

Використання засобів гідромеханізації і отриманої ними геологічної інформації знаходиться в «сірій» зоні законодавства. Геологічне вивчення надр методом гідророзмиву відсутнє в Інструкції ДКЗ [5] і не може бути використане при підрахунку запасів. Родовища бурштину можуть проектуватися та розроблятися виключно відкритим способом, через відсутність офіційних інженерно-технічних та методичних джерел, на норми яких можна посилатись для впровадження гідромеханізованого видобутку.

Для прозорого і легального використання цього методу необхідний комплексний підхід, який складається з таких аспектів, як охорона праці, охорона довкілля та охорона надр.

Охорона праці. Даний вид робіт відносить до видів робіт підвищеної небезпеки, а саме «Розмивання порід з використанням гідромоніторів та інших засобів гідромеханізації» та «Буріння та експлуатація свердловин під час геологічного вивчення та розробки родовищ корисних копалин»[9].

Обладнання, яке планується використовувати для геологорозвідувальних робіт, повинно пройти сертифікацію та експертне обстеження [10].

Охорона довкілля. Найважливішим запитанням є те, чи підпадає такий вид діяльності під оцінку впливу на довкілля? У ст. 3 п.1 Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» вказано, що «…Оцінці впливу на довкілля не підлягає діяльність, прямо не передбачена частинами другою і третьою цієї статті» [11]. Даний вид діяльності не підпадає ні під першу категорію видів діяльності, ні під другу категорію видів діяльності, а отже не є предметом оцінки впливу на довкілля, проте, використання поверхневих вод в процесі розмиву підпадає під другу категорію видів планованої діяльності, яка включає «господарську діяльність, що призводить до скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти, та забір води з водних об'єктів за умови, що водозабір підземних вод перевищує 300 кубічних метрів на добу» [11].

Забір водних ресурсів навіть з відпрацьованого простору кар'єру чи старательських канав є спеціальним водокористуванням, яке здійснюється на підставі дозволу на спеціальне водокористування (ст.48, ст.49 Водного кодексу України) [12].

Перед проведенням геологорозвідувальних робіт необхідно провести ґрунтові дослідження на всій території ділянки, як самостійний вид досліджень, або в складі

проекту землеустрою щодо рекультивації, оскільки в зворотному порядку під час слідчих дій доказати, що ґрунти на ділянці не родючі, буде складно. «Безгосподарське використання земель, що спричинило тривале зниження або втрату родючості...» є кримінальним правопорушенням згідно ст. 254 ККУ [13]

Охорона надр. Використання гідромеханізованої розвідки, як єдиного, самостійного методу геологічного вивчення, є порушенням угоди про користування надрами, Кодексу України про надра та Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», оскільки, через неможливість оцінки кількості вилученої корисної копалини не забезпечує раціонального користування надрами.

Використання даного методу під найдетальніших стадій допустимо, а саме після апробації або захисту запасів, з метою довивчення недостатньо вивчених частин родовища, а також як випереджувальну та супроводжувальну експлуатаційну розвідку з метою уточнення даних про внутрішню будову, умови залягання, умов локалізації і концентрації покладів бурштину в межах продуктивної товщі, а також у підошві та покрівлі покладу.

Документом, що регулює проведення експлуатаційної розвідки є Інструкція ДКЗ [5]. Пункт 14.8 даної Інструкції передбачає, що «на розроблюваних родовищах повинна проводитись експлуатаційна розвідка. Експлуатаційна розвідка, що випереджує розвиток видобувних робіт (на 2-5 років), уточнює визначені геологічною розвідкою: контури рудних покладів, їхню внутрішню будову, умови залягання та розробки, вміст бурштину в рудах за даними додаткових гірничих виробок, що проходяться перед видобувними роботами. Експлуатаційна розвідка, що супроводжує видобувні роботи, визначає контури очисних блоків, кількість та якість підготовлених запасів, обсяг експлуатаційних запасів, величини втрат та зниження середнього вмісту бурштину під час видобутку (розубожування)». Вимоги даної Інструкції згідно п.1.2 «є обов'язковими для виконання підприємствами, організаціями, установами всіх форм власності, що здійснюють планування, фінансування та виконання геологорозвідувальних робіт із розвідки родовищ бурштину, проектування й будівництво гірничодобувних підприємств, експлуатацію родовищ та облік запасів і ресурсів бурштину. Отже, метою експлуатаційної розвідки є проходка гірничих виробок, які в п.12.4 та п. 12.12 іменуються «шурфами (дудками)» діаметром від 500 до 1500 мм, які використовуються як основний засіб рядового опробування покладів під час розвідки» Інструкція не передбачає, яким саме чином будуть проходитись шурфи – механічним чи гідромеханізованим.

Відповідно до п.п. 26 та 27 Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр, під час розробки родовища слід проводити довивчення недостатньо вивчених його частин, а також випереджувальну та супроводжувальну експлуатаційну розвідку [14] з метою уточнення даних про внутрішню будову, умов залягання, умов локалізації і концентрації покладів бурштину в межах продуктивної товщі, а також у підошві та покрівлі покладу.

Операції з бурштином без протоколів ДКЗ стали неможливими. Слід зазначити що об’єми бурштину, що будуть вилучені під час геологорозвідувальних робіт до моменту підрахунку запасів можуть бути значними, проте у надрокористувача немає можливості облікувати та легально оперувати цим матеріалом, а зберігати десятки кілограм бурштину як «геологічну інформацію» до оцінки запасів в ДКЗ та без сплати ренти створює підґрунтя для кримінальних справ. Якщо до 2025 року надрокористувач міг видобути під час ДПР 5 кг з 1 га, то зі змінами, що виникли у порядку організації та виконання ДПР [15] п.2.3 «Обсяг (кількість) корисних копалин (мінеральної сировини), що передбачається до видобутку, визначається для кожного виду корисної копалини та конкретного родовища окремо, але не повинен перевищувати п’яти (для вуглеводнів - десяти) відсотків від запасів облікованих Державним балансом запасів корисних копалин (крім підземних вод) на підставі протоколу/протоколів Державної комісії України по запасах корисних копалин, щодо розгляду попередньої геолого-економічної оцінки

родовища.

Під час складання проекту видобутку необхідно передбачити окремий розділ присвячений експлуатаційній розвідці, її методику та об’єми, щоб узгодити її проведення під час гірничих робіт. Оптимальний шлях до використання гідромеханізованого способу розвідки бурштинових родовищ наведено на рис. 2.

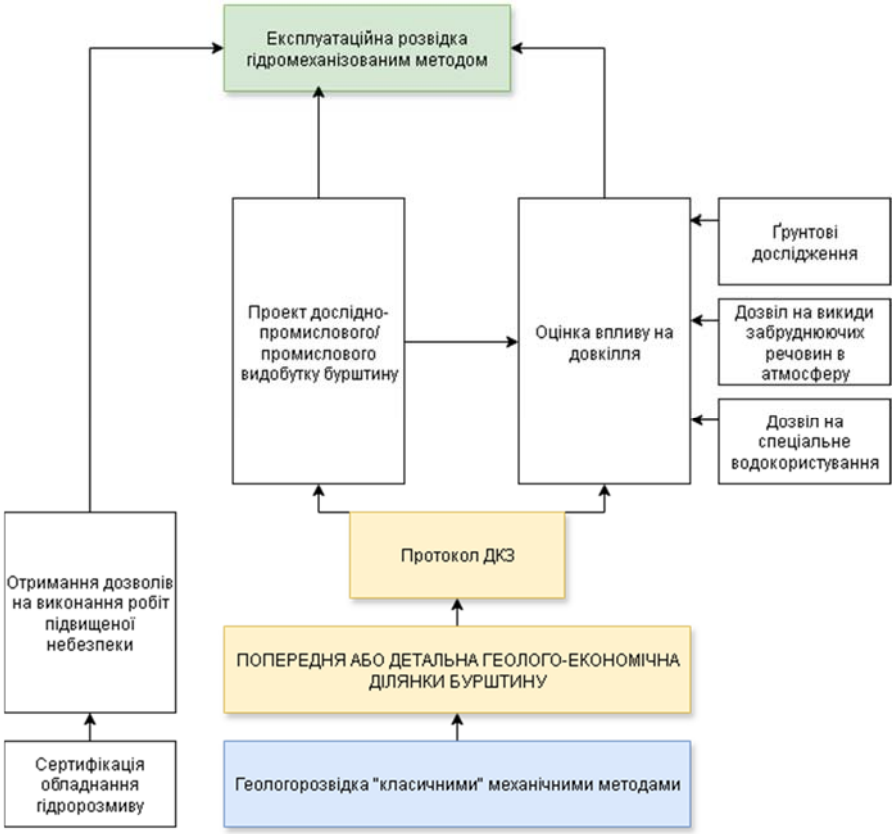


Рис. 2 Дорожня карта легалізації гідромеханізованої розвідки

Підсумовуючи наведену інформацію можна зробити такі висновки:

- Використання гідромеханізованих засобів під час геологічного вивчення ділянки наразі можливе лише для експлуатаційної розвідки після оцінки запасів. Експлуатаційна розвідка не є засобом видобутку бурштину, а насамперед, найдетальніша стадія геолого-розвідувальних робіт, що проводяться в процесі розробки родовища, яка випереджає гірничі роботи. Тобто ті ділянки надр, які будуть задіяні під час робіт з експлуатаційної розвідки, підлягають подальшому видобутку, така розвідка слугує для уточнення гірничо-геологічних показників родовища (потужність розкривних порід, потужність продуктивних порід, глибина, вміст бурштину). Бурштин, вилучений під час проведення експлуатаційної розвідки обліковується в загальному порядку та списується з підрахованих запасів. Розубоження та втрат бурштину на ділянці не виникатиме, оскільки запаси на ділянці вже підраховані в блоки і перебувають на державному балансі, а отже задачею надрокористувача є вилучення і погашення цих запасів.
- З точки зору екології, гідророзмив не підлягає оцінці впливу на довкілля як окремий вид діяльності, проте планована діяльність з експлуатації родовища та забору/скиду води повинна включати такі роботи та описати вплив на довкілля.
- З точки зору охорони праці, варто сертифікувати, вводити в експлуатацію обладнання та отримувати дозвільні документи до початку геологічного вивчення та не залежно від інших стадій.

Список використаних джерел:

1. Закон України № 402-IX від 19.12.2019 р. «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо вдосконалення законодавства про видобуток бурштину та інших корисних копалин». Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2020, № 20, ст.141.

2. https://www.geo.gov.ua/nadrokorystuvannya/auctions.

3. «Zasady poszukiwań i dokumentowania złóż bursztynu». Zalecenia metodyczne. Warszawa, 2010

4. Кодекс України про адміністративні правопорушення. (Відомості Верховної Ради Української РСР (ВВР) 1984, додаток до № 51, ст.1122)

5. Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ бурштину, затверджена наказом ДКЗ № 10.02.2003

6. Ревізія площ незаконного видобутку бурштину в Рівненській області : звіт Рівненської ГЕ ПДРГП „Північгеологія". Автор - С. Волненко. Київ., 2009.

7. Курепа Я.С., Матвєєв А.В., Мамчур С.В. «Розвідка бурштину із застосуванням методу свердловинного гідророзмиву: практика та її аналіз». Жовтень-2024: IX Міжнародна науково-практична конференція "Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування". Місто Львів.

8. https://suspilne.media/rivne/1023855-zbitki-na-ponad-350-miljoniv-griven-prokurori-povidomili-pro-shemu-zi-zbutu-burstinu-na-rivnensini

9. Постанова КМУ від 3 лютого 2021 р. № 77 Київ «Про затвердження переліку машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки та внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України».

10. Постанова КМУ від 26 травня 2004 р. № 687 Київ «Про затвердження Порядку проведення технічного огляду, випробування та експертного обстеження (технічного діагностування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки.

11. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 29, ст.315)

12. Водний кодекс України (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1995, № 24, ст.189).

13. Кримінальний кодекс України (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2001, № 25-26, ст.131)

14. Постанова КМУ від від 5 травня 1997 р. № 432 «Про затвердження Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр»

15. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України №34/М від 03.03.2003 р. «Про затвердження Положення про порядок організації та виконання дослідно-промислової розробки родовищ корисних копалин загальнодержавного значення».

УДК 553

ТЕХНОГЕННІ ДІЛЯНКИ, ЯК ШЛЯХ ДО РОЗШИРЕННЯ РЕСУРСНОЇ БАЗИ УКРАЇНИ

Прокопенко О.С., *alex.prokop2206@gmail.com,*
Фалькович О.Л., *falkovich.oleksii@gmail.com,*
ТОВ «Геологічна сервісна компанія ГСК», Київ, Україна.

Стаття присвячена розгляду техногенних ділянок як інструменту швидкого розширення ресурсної бази України без відкриття нових родовищ. Зростаючий попит на критичні матеріали (літій, графіт, нікель, кобальт, РЗЕ, скандій) та концентрація їхньої переробки у світі підвищують ризики для ланцюгів постачання. Автори підкреслюють, що техногенні ресурси можуть частково задовольнити внутрішні потреби, зменшуючи імпортну залежність. Запропоновано трирівневий підхід: геолого-економічний скринінг, 3D-моделювання перспективних тіл та дослідно-промислову розробку. Автори відзначають, що діючі платежі за спецдозволи є бар'єром для залучення бізнесу: вони становлять близько 3 % потенційних рентних надходжень, але стримують доступ до решти 97 %. Пропонується скасування додаткових платежів, щоб стимулювати інвестиції, вирішити накопичені екологічні проблеми та збільшити ресурсну базу критичної сировини та будівельних матеріалів.

TECHNOGENIC SITES AS A PATHWAY TO EXPANDING UKRAINE'S RESOURCE BASE

Prokopenko O., *alex.prokop2206@gmail.com*
Falkovych O., *falkovich.oleksii@gmail.com*
LLC "Geological Service Company GSK", Kyiv, Ukraine

The article examines technogenic sites as a means of rapidly expanding Ukraine's resource base without developing new deposits. Rising demand for critical materials (lithium, graphite, nickel, cobalt, REEs, scandium) and the geographic concentration of their processing heighten supply-chain risks. The authors emphasize that technogenic resources can partially meet domestic demand, thereby reducing import dependence. A three-stage approach is proposed: geological-economic screening, 3D modeling of prospective bodies, and pilot-scale industrial development. The authors note that existing fees for special permits act as a barrier to business participation: they account for about 3% of potential rent revenue but restrict access to the remaining 97%. The article proposes abolishing these additional payments to stimulate investment, address accumulated environmental issues, and expand the resource base for both critical raw materials and construction materials.

Сучасні галузі — енергетика, авто- та авіабудування, електротехніка, IT (інформаційні технології) залежні від вузької групи критичних матеріалів (літій, нікель, кобальт, графіт, рідкісноземельні елементи тощо). Попит на критичні матеріали зараз зростає значно швидше, ніж у 2010 роках, у 2024 попит на літій зріс майже на 30 %, а на нікель, кобальт, графіт і РЗЕ (рідкісноземельні елементи) на 6 – 8 %, причому це зростання значною мірою було зумовлене енергетичними секторами, такими як електромобілі, системи накопичення енергії, відновлювані джерела енергії та інші.[1]

Водночас ЄС офіційно закріпив цільові орієнтири до 2030 року: не менше 10 % внутрішнього видобутку, 40 % переробки й 25 % рециклінгу власного споживання стратегічних сировинних матеріалів, а також — не більш як 65 % залежності від однієї країни-постачальника. Ці фактори фактично легітимізують «урбан-майнінг» і повернення у виробництво того, що ще вчора вважали відходами. [2]

Важливим аспектом у доступності до сировини є диверсифікація ланцюгів забезпечення, але на сьогоднішній день спостерігається концентрації переробки. За даними IEA (International Energy Agency), Китай є домінуючим рафінером для 19 із 20 проаналізованих мінералів; у середньому близько 70 % світової потужності з рафінування зосереджено в Китаї. З 2020 по 2024 рік концентрація ще зросла: для кобальту, графіту та РЗЕ саме Китай був головним джерелом приросту пропозиції; для нікелю — Індонезія (рис. 1).

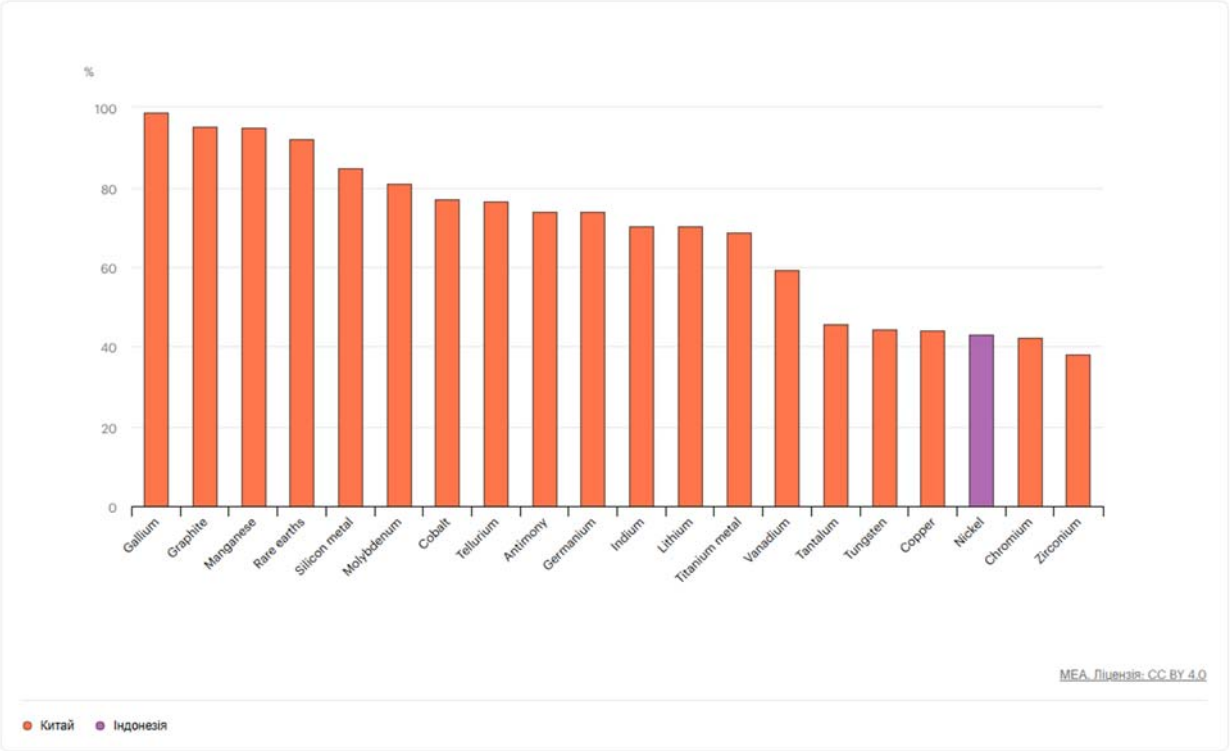


Рис. 1 Частка країни-лідера з переробки 20 корисних копалин [3]

Паралельно масштаб техногенної ресурсної бази постійно збільшується, щороку у світі генерується близько 9–14 мільярдів тонн гірничих хвостів, а загальна кількість хвостосховищ обчислюється тисячами; їхня безпека стала предметом окремого глобального стандарту (GISTM). [4]

Лише фосфогіпсу побічного продукту виробництва фосфорної кислоти світ щорічно додає близько ~300 млн. т. (сукупно накопичено понад 7 млрд. т.), і це типовий приклад техногенного матеріалу з потенціалом критичних елементів (REE/Sc/Sr). [5]

Для України це означає просту річ: техногенні ділянки — хвости ГЗК (гірничо-збагачувальні комбінати), золи/шлаки ТЕС (теплоелектростанція), фосфогіпсові відвали, шлами збагачення — можуть стати шляхом розширення ресурсної бази без відкриття родовищ і будівництва нових кар'єрів та шахт. Стати місцем де економіка й екологія сходяться в одне ціле. Питання не в «чи можливо», а де саме і за якої умови та ринку це стає вигідним.

Під словосполученням «техногенні ділянки» ми розуміємо території, на яких унаслідок виробничої діяльності накопичені великі масиви мінеральної сировини техногенного походження: хвости та шлами збагачення, золошлакові відвали ТЕС, шлаки металургії, фосфогіпс, «червоні шлами», відвали гірничих робіт. На відміну від природних родовищ, ці масиви уже видобуті, подрібнені й певною мірою перероблені, а отже, вони ближчі до кінцевих стадій ланцюга створення вартості й потенційно дешевші у залученні: не потрібно рити кар'єр, будувати довгі транспортні гілки й переносити величезні об'єми розкриву. У практиці часто вживають і термін «техногенні родовища» — коли обсяги, однорідність і вміст корисних компонентів дозволяють поширювати на них той самий регламент оцінювання, що й для природних об'єктів: геолого-економічну оцінку, техніко-економічні розрахунки, план гірничих робіт і схему переробки.

Ці техногенні ділянки різні за походженням і структурою. Хвости збагачення руди - це тонкодисперсний матеріал із частково вивільненими мінеральними фазами; золошлаки ТЕС несуть у собі скляну аморфну складову та мікросферу; фосфогіпс — переважно дигідрат сульфату кальцію з домішками фосфатів, фторидів і, інколи, рідкісноземельних елементів; «червоні шлами» — лужна суміш з оксидами заліза, алюмінію, титану, скандію; металургійні шлаки — це багатокомпонентні оксидні системи (переважно $CaO–SiO_2–Al_2O_3–MgO–FeO$), які при охолодженні утворюють склоподібну або кристалічну матрицю.

Розуміння фазового та хімічного складу матеріалу визначає технологічний підхід: що можна виділити простим гравітаційним чи магнітним способом, що потребує кислотного вилуговування або іонообміну, а що доцільно перетворити на товарний матеріал для цементу, дорожнього будівництва чи гіпсових виробів.

Техногенні ділянки виходять на перший план з трьох причин.

По-перше, через структурну залежність сучасних ланцюгів постачання від обмеженої групи критичних матеріалів. Розвиток акумуляторної енергетики, електротранспорту, електроніки, вітро- та сонячної генерації тисне на попит літію, графіту, нікелю, кобальту, рідкісноземельних елементів, скандію та ін. При цьому переробка більшості з них географічно концентрована, а отже, будь-які торговельні чи геополітичні потрясіння миттєво б'ють по цілих секторах. Техногенні джерела дозволяють частину потреб закривати локально, зменшуючи імпортну вразливість.

По-друге, технології дозріли. Те, що десять–п'ятнадцять років тому було лише дослідно-експериментальною розробкою, нині реалізовано в промислових процесах: селективні реагенти, мембранні процеси, сорбенти нового покоління, більш «чисті» кислотні цикли з регенерацією реагентів, точні методи контролю якості (ICP-MS/ICP-OES, автоматизована мінералогія). У поєднанні з цифровими інструментами — геомоделюванням техногенних тіл, дистанційним зондуванням та оснащення матеріальних і технологічних потоків онлайн-сенсорами з інтеграцією їх у систему керування перетворюють "мертві" відвали на керований ресурс із прозорим мас-балансом і прогнозованими показниками.

По-третє, зміни в регуляторній й суспільній оптиці. Стандарти безпечного управління хвостами, вимоги до скорочення відходів і вуглецевого сліду, цілі щодо критичних мінералів — усе це накладається на економічні стимули до імпортозаміщення. Там, де переробка техногенних матеріалів знімає екологічне навантаження на громади й бюджети (менше пилу, стоків, радіологічних ризиків), вона отримує додаткову соціальну підтримку та довіру.

Практика вже має промовисті приклади. Міжнародні проєкти демонструють виробництво скандію з відходів титанової промисловості без відкриття нових кар'єрів, відпрацьовують схеми вилучення рідкісноземельних елементів із вугільної золи та впроваджують комбіновані підходи «REE + фосфор» на відходах залізорудної переробки. Спільним у цих кейсах є не лише технологія, а й бізнес-логіка: поєднання кількох потоків продуктів, стандартизація якості, інтеграція з наявною інфраструктурою та поетапне масштабування — від дослідного стенду до демонстраційного майданчика і далі до промислового рішення.

Разом із тим, не кожен відвал — це перспектива. Щоб відрізнити можливість від ризику, інвестори дивляться на трикутник «тоннаж × вміст × ступінь вилучення» і наявність супутніх продуктів, які покращують економіку (наприклад, поєднання REE/Sc із виробництвом будівельного гіпсу або цементної добавки). Важливими є стабільність якості в просторі та часі, доступ до енергії й реагентів, логістика, наявні покупці з чіткими специфікаціями. Окремо оцінюються екологічні та радіологічні обмеження: безпечна гідрогеологія, управління водними потоками, пилогазовими викидами, відповідність нормам щодо природних радіонуклідів, а також вимоги до інженерно безпечного закриття та післяексплуатаційного моніторингу. Рішення має враховувати не лише показники вмісту, а й ринкові параметри — попит, ціни, вимоги покупців і логістику.

Український контекст додає власні аргументи. Країна має десятки великих хвостосховищ ГЗК, значні масиви золошлаків ТЕС, фосфогіпсові поля на хімічних комбінатах, відвали вуглезбагачення. Це мільярди тонн матеріалу, який дорого утримувати та складно належно законсервувати чи рекультивувати, але який водночас може містити коштовні домішки — від рідкісноземельних елементів і скандію до фосфору, стронцію, ванадію чи навіть титану. У багатьох випадках логістика, енергетика й кадри вже на місці; не вистачає лише системного скринінгу, щоб відсіяти малоперспективні об'єкти й зосередитися на дослідно-промислових проєктах.

Суть підходу проста, але вкрай ефективна та прагматична. Спочатку — короткий геолого-економічний скринінг (геолого-економічне вивчення): репрезентативний відбір

проб, кількісна аналітика головних елементів та мікроелементів, базова мінералогія, картування та моделювання зон підвищених концентрацій. Потім — зосереджуємося на перспективних ділянках з оптимальним поєднанням тоннажу, вмісту й вилучуваності: для них будуємо 3D-модель техногенного тіла, випробовуємо технологічні схеми та оцінюємо економіку і екологічний ефект. На завершення — дослідно-промислова розробка, яка підтверджує масштабуємість і дає дані для інвестиційних рішень. На кожному етапі рішення мають враховувати не тільки показники вмісту, а й комерційну доцільність: де і за якою ціною продавати концентрат або напівпродукт, як поєднати кілька потоків доходу (наприклад, виділення REE/Sc із паралельним виробництвом будівельного гіпсу чи цементної добавки), як мінімізувати відходи й закрити водні цикли.

Техногенні ділянки не є панацеєю, проте це практичний інструмент для швидкого розширення ресурсної бази без складних і тривалих процедур відкриття нових кар'єрів. Вони скорочують термін від підготовки проєкту до його впровадження, підвищують стійкість ланцюгів постачання й залишають більшу частину доданої вартості в країні. Питання вже не в тому, чи займатися цим напрямом, а де саме починати, щоб перші проєкти були технічно простими, економічно виправданими та суспільно прийнятними. Саме від точного вибору цих «точок входу» залежить, чи перетворяться техногенні ділянки з пасивів на активи й чи стануть вони реальним шляхом до розширення ресурсної бази України.

Для успішної реалізації програми залучення техногенних ділянок до розширення сировинної та виробничої бази критичної сировини України необхідно переглянути підхід до геолого-економічного вивчення та чинну процедуру отримання спеціального дозволу на користування надрами, яка охоплює техногенні ділянки.

Сума коштів, яку отримує держава за видачу спеціального дозволу, становить близько 3 % від загальних надходжень від рентної плати за користування надрами, у випадку з техногенними родовищами це є бар'єром для отримання інших 97 % доходів.

Скасування додаткових платежів за отримання спеціальних дозволів на розробку техногенних ділянок, що за своєю суттю є утилізацією відходів, стимулюватиме бізнес інвестувати кошти в їх переробку й зніматиме тягар підприємств з їх утримання. Діючі приватні підприємства вже є юридичними власниками утворених ними промислових відходів. Скасування додаткових платежів для отримання спеціальних дозволів знімає бар'єр та стимулює їх залучення до переробки. Це дозволяє планомірно оцінити наявність промислових концентрацій та їх обсяг, провести дослідження ступеня їх вилучення в дослідно-промислових умовах і оцінити економіку цих процесів у реальних умовах — без ризику марного вкладення коштів у спецдозвіл. Спрямування коштів на дослідження техногенної ділянки замість сплати за спецдозвіл стає локомотивом отримання 97 % надходжень до державного бюджету з рентної плати.

У випадках, де вже немає діючих підприємств, держава виставляє на аукціон техногенні ділянки для їх геологічного вивчення та подальшої переробки. Якщо власник не має можливості або бажання займатися своїми відходами, він передає таке право державі.

Ми впевнені, що такий підхід дозволить, по-перше, вирішити накопичені екологічні проблеми, по-друге, збільшити ресурсну базу як критичної мінеральної сировини, так і будівельних матеріалів.

Список використаних джерел:

1. Інтернет ресурс - https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2025/executive-summary
2. Інтернет ресурс - https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/critical-raw-materials-act_en
3. MEA (2025), Частка країни-лідера з переробки 20 енергетичних корисних копалин , MEA, Париж https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/share-of-top-refining-country-for-20-energy-related-minerals, Ліцензія: CC BY 4.0
4. Oberle, B., Brereton, D. and Mihaylova, A. (eds.), 2020. Towards zero harm: A compendium of papers prepared for the Global Tailings Review. London: Global Tailings Review.
5. Jie Yang a, Senlin Dong a b, Liping Ma, 2024. Review on high-value utilization of phosphogypsum: Utilization of calcium and oxygen resources present in phosphogypusm.

УДК 664.41 553.9

АНАЛІЗ РИНКУ І РЕСУРСНОЇ БАЗИ ХАРЧОВОЇ ТА ТЕХНІЧНОЇ СОЛІ В УКРАЇНІ

Довгалюк І.Г., *к. н. з держ. управ., Samar2000@ukr.net,*
Хацевич О.М., *к.т.н., н.с., khatsevich.olga@meta.ua,*
Кулик Г.М., *головний технолог,* ***gennadiy.n.kulik@gmail.com,***
Держко О.І., *н.с., olgaderzko328@gmail.com,*
ДУ «Державний науково-дослідний та проектний інститут основної хімії»,
м. Харків (філія в м. Калуш, вул. Фабрична, 5А), Україна

Анотація. Сіль (NaCl) є стратегічно важливим ресурсом для продовольчої та промислової безпеки України. Основну частину солі в Україні традиційно добували шахтним способом, найбільшим виробником було ДП «Артемсіль», що забезпечувало понад 90% внутрішнього ринку. Повномасштабне вторгнення росії в Україну призвела до зупинки роботи найбільших солевидобувних підприємств, що спричинило дефіцит та різку переорієнтацію на імпорт. У статті розглянуто ресурсну базу кухонної та технічної солі, сучасний стан її видобутку і переробки, динаміку експорту та імпорту солі в умовах воєнних дій. Визначено основні тенденції розвитку ринку солі, фактори дефіциту, а також можливості створення нових виробничих потужностей, особливо у західному регіоні України.

MARKET AND RESOURCE BASE ANALYSIS OF TABLE AND TECHNICAL SALT IN UKRAINE

Dovhaliuk I., *PhD in State Administration, Samar2000@ukr.net,*
Khatsevych O.*, PhD, Research Associate, khatsevich.olga@meta.ua,*
Kulyk H., *Chief technologist, gennadiy.n.kulik@gmail.com,*
Derzhko O., *Research Associate, olgaderzko328@gmail.com,*
State institution «State Scientific Research and Design Institute of Basic Chemistry»,
Fabrychna st., 5A, Kalush, Ivano-Frankivsk region, 77304, Ukraine

Summary. Salt (NaCl) is a strategically important resource for the food and industrial security of Ukraine. The main part of salt in Ukraine was traditionally mined, the largest producer was the State Enterprise "Artemsalt", which provided over 90% of the domestic market. The full-scale russian invasion of Ukraine led to the suspension of the work of the largest salt mining enterprises, which caused a shortage and a sharp reorientation to imports. The article examines the resource base of table and technical salt, the current state of its extraction and processing, the dynamics of salt exports and imports in the context of hostilities. The main trends in the development of the salt market, factors of shortage, as well as the possibilities of creating new production capacities, especially in the western region of Ukraine, are identified.

Вступ. Джерелами отримання технічної та кухонної солі (NaCl) є три типи сировини: кам’яна сіль, природні розсоли та ропа соляних озер. В Україні орієнтовно 90% солі добували шахтним способом (кам'яна сіль), на глибині 200-300 метрів. Орієнтовні запаси натрієвої солі за категоріями А+В+С1 станом на початок XXI ст. становлять 16,7 млрд т. Родовища кам'яної солі зосереджені на Донбасі, у Дніпровсько-Донецькій западині, на Передкарпатті, Закарпатті та в озерах і лиманах Чорного і Азовського морів. Державним балансом запасів враховано 14 родовищ кухонної солі, в тому числі: 8 – кам'яної, 2 – солі-ропи, 3 – соляних розчинів (розсолів), 1 – кам'яної зі шламу. На жаль, більшість з цих родовищ наразі не експлуатуються. Детальніший їх опис наведено нижче.

Донецька область: найбільші та найперспективніші родовища солі розташовані на Донбасі (15,1 млрд т категорії А+В+$С_1$). Потужність соляних шарів досягає 19 220 м, глибина залягання – до 1110 м.

Передкарпаття: соленосна смуга простягається на 230 км шириною до 10 км; потужність шарів від 0,2 до 50-70 м, глибина залягання від 14 до 170 м; відомо близько 200 солепроявів у вигляді кам’яної солі та насичених сольових розчинів (розсолів). За попередньою оцінкою запаси сировини в Івано-Франківській області складають: кам'яної солі

– 34,9 млн т, сольових розчинів – 674 тис. т; у Львівській області: кам'яної солі – 302,4 млн т, сольових розчинів – 202 тис. т.

Закарпаття: поклади кам'яної солі залягають у вигляді соленосних смуг до 300 км, на українській території відомо близько 30 солепроявів. За попередньою оцінкою запаси солі кам'яної становлять 349 млн т. (категорії $A+B+C_1$), на сьогодні частково використано запаси Солотвинського родовище.

Крим: солоні озера та лимани над Чорним і Азовським морями теж мають великі запаси солі. Зокрема відомо, що запаси у вигляді ропи оцінені у 72,3 млн т. за категоріями $A+B+C_1$ (для групи: Євпаторійська, Сивашська і Керчинська).

Слобожанщина: у Харківській області локалізоване одне з перспективних родовищ кам'яної солі із запасом 390,9 млн т, а у Сумській області – 435,9 млн т (категорії $A+B+ C_1$).

Але незважаючи на такі значні запаси сировини, на даний час Україна імпортує технічну та харчову сіль. І причиною цього, окрім повномасштабного вторгнення, була монополія на виробництво солі. До 2022 року в Україні сіль у промислових масштабах видобували дві компанії: ДП «Артемсіль» та ТОВ «Слов'янська сіль» Обидві компанії розташовані в Донецькій області. ДП «Артемсіль» (Донецька область, м. Соледар) була однією з найбільших солевидобувних компаній Європи та й світу. Кам'яну соль тут добували бурінням, вибухом і вирізкою породи в підземних соляних шахтах. Виробнича потужність підприємства складала більш 7 млн тонн на рік. Максимальний річний видобуток був досягнений 1991 – 7,226 млн т. У 2021 р. було видобуто, перероблено та відвантажено споживачам близько 1,9 млн тонн солі, в тому числі - 907 тис. тонн – це промислова сіль. На частку ДП «Артемсіль» припадало більше 90% солі, виробленої в Україні. У червні 2022 р. в ДП «Артемсіль» заявило про зупинку виробництва через війну.

ТОВ «Слов'янська сіль» (Слов'янськ, Донецька обл.) був єдиним виробником солі кухонної виварної сорту «екстра» в Україні. Підприємство здійснювало виробництво харчової солі, таблетованої солі, йодованої солі. Щороку тут добували до 100 тис. тонн солі. Через війну воно теж перестало працювати.

У західному регіоні кухонну сіль у незначних обсягах на сьогодні випускає найстаріше соляне підприємство України (солеварня існує з XIV ст.) – ДП «Дрогобицький солевиварювальний завод». Через зупинку підприємства «Артемсіль» солеварня збільшила потужності до 55 тонн солі на місяць, що для неї є максимальною. Спосіб виробництва солі на ДП «Дрогобицький солевиварювальний завод» відрізняється тим, що на підприємстві соляний розчин добувають з-під землі та випарюють у соляних панвах на дровах, що є енергозатратним.

ТОВ "Катіон Інвест" (с. Теребля Закарпатської обл.) у серпні 2022 р. розпочало розробку Буштинського соляного родовища. Компанія «Катіон Інвест» запустила видобуток у липні 2023 року, з плановою потужністю харчової солі 80 тис. тонн на рік, технічної солі 300 тис. тонн на рік. Але на даний час підприємство зупинене і сіль не видобувається.

Відомо, що ТОВ «УкрІнвестСистем» проводить підготовчі роботи для будівництва нового соляного заводу у Модричах, потужність 100 тис. тонн солі в рік. Планується видобування солі з соляного розчину, отриманого способом підземного вилуговування покладів кам’яної солі.

За даними офіційної статистики, Україна у 2021 р. постачала на зовнішній ринок 710 тис. тонн солі всіх видів. Отже, експортуючи сіль на суму 28,32 млн дол. США (2021 р.), Україна зайняла 28 місце серед найбільших експортерів солі в світі. Найбільшими імпортерами української солі на той час були Польща з часткою 47,44%, Угорщина – 30,74%, Румунія – 6,55%, Білорусь – 3,36%, Молдова – 3,18%. Україна постачала сіль до 66 країн світу.

У 2022 р. поставки солі знизились до 142,038 тис. тонн, що у 5 разів менше ніж за 2021 р. Найбільшим імпортером солі з України були: Польща з часткою – 59,67%; Угорщина – з часткою – 26,49%, Словаччина – 3,43%. На частку експорту солі для промислового використання припадало 87,08%, харчової – 12,62%, іншою – 0,3%.

Імпортувала Україна у 2021 році 142,81 тис. тонн солі всіх видів. Найбільшими постачальниками солі до України була білорусь з часткою – 78,68%, Туреччина з часткою – 16,11 % та Польща – 3,31%. У структурі імпорту переважала сіль придатна для споживання людьми. Її частка у 2021 р. становила – 55,52%, а на частку солі для промислового використання припадало – 19,37%, іншої - 29,53%.

У 2022 році Україна імпортувала 438,105 тис. тонн солі, а у 2023 р. - 655,590 тис. тонн, у 2024 р. – 749,517 тис. тонн, у 2025 році (за 8 місяців) – 301,776 тис. тонн. Отже з 2021 по 2025 рр. імпорт зріс із 143 тис. тонн до понад 750 тис. тонн. Основні країни постачальники солі до України є Єгипет, Туреччина, Румунія, Польща, Німеччина (Табл. 1).

Таблиця 1. Структура імпорту солі до України за 2022-2025 рр.

Назва і код згідно УКТ ЗЕД	Країни постачальники	Частка в імпорті, %
Вода морська та сольові розчини (2501001000)	-	0,0
Сіль для хімічних перетворень (відділення натрію від хлору) з подальшим використанням для виробництва іншої продукції (2501003100)	-	0,8 ÷ 1,2
Сіль денатурована або для промислового використання (включаючи очищення), крім консервування чи виготовлення харчових продуктів, для споживання людьми або годівлі тварин (2501005100)	Єгипет Туреччина Румунія Польща Німеччина	12, 4 ÷ 14, 1
Сіль, придатна для споживання людьми (2501009100)	Єгипет Туреччина Румунія Польща Німеччина	51,6 ÷ 55,4
Сіль інша (2501009900)	Єгипет Туреччина Румунія Польща Німеччина	29,3 ÷ 35,2

Враховуючи ситуацію, що склалася на даний час – майже повна відсутність виробництва солі в Україні, у найближчі роки Україна буде змушена продовжувати імпортувати сіль у Єгипті, Туреччині, Польщі, Румунії, Німеччині та інших країнах.

Світове виробництво солі за останнє десятиліття коливалося в межах 262–294 млн тонн на рік. У 2022 р. воно становило близько 290 млн тонн. Найбільшими виробниками залишаються Китай (22 % світового видобутку), Індія (15 %) та США (14 %). В Європі ключові позиції займають Німеччина, Польща та Іспанія. Україна традиційно мала потужні експортні позиції, однак після зупинки «Артемсолі» у 2022 р. перетворилася з експортера на імпортера солі (Табл. 2).

Дефіцит солі, з яким зіткнувся ринок харчової та технічної солі на початку повномасштабного вторгнення росії в Україну, був швидко подоланий безперебійним імпортом солі та забороною експорту харчової солі з України. Але правильний вихід із такої ситуації – це створення нових виробництв цього стратегічно важливого продукту.

Таблиця 2. Порівняння експорту та імпорту солі в Україні до і після 2022 року

Показник	2021 рік	2022 рік	2023–2025 рр.
Експорт, тис. тонн	710	142	149 (I півр. 2023)
Експорт, млн дол. США	28,3	3,8	0,032
Імпорт, тис. тонн	143	438	656 (2023), 750 (2024), 302 (8 міс. 2025)
Імпорт, млн дол. США	12,9	92,1	46,2 (I пів. 2023)

Маючи достатню сировину базу, та потреби ринку України у понад 300 тис. тонн на рік харчової солі і понад 450 тис. тонн на рік технічної солі, є гостра необхідність у забезпеченні продовольчої безпеки країни та створенні інвестиційно привабливих умов для розвитку вітчизняного солепромислу, особливо у відносно безпечному західному регіоні країни.

Висновки

1. Україна володіє значними покладами солі (понад 16 млрд тонн), однак через війну контроль над більшістю потужностей втрачено.

2. Після 2022 року Україна із нетто-експортера перетворилася на нетто-імпортера солі. Імпорт зріс більш ніж у 7 разів, тоді як експорт скоротився у 5–7 разів.

3. Внутрішні потреби (300 тис. т харчової та 450 тис. т технічної солі на рік) нині покриваються імпортом, основні постачальники – Туреччина, Єгипет, Румунія, Польща та Німеччина.

4. Перспективним напрямом є розвиток нових виробництв солі у інших регіонах (Солотвино, Теребля, Модричі та інші.), що мало б стати ключовим фактором для продовольчої та промислової безпеки України.

Список використаних джерел:

1. Шандрівська О.Є., Єлсукова О.В. Дослідження експортно-імпортного потенціалу ринку солі в Україні. Вісник НУ «Львівська політехніка», Т.8 (1). 2024, С.128-135. https://doi.org/10.23939/semi2024.02.126

2. Орлюк М. Рік без «Артемсолі»: звідки Україна імпортує сіль. 2023. URL: https://biz.censor.net/n3430354

3. Statista. Global salt production 1975–2022. URL: https://www.statista.com/statistics/237162/worldwide-salt-production/

4. Державна митна служба України. Статистика та реєстри. 2023. URL: https://customs.gov.ua/statistika-ta-reiestri

5. Pro-Consulting. Аналіз ринку технічної солі в Україні. 2023. URL: https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-tehnicheskoj-soli-v-ukraine-2022-god

6. Хрущов Д.П., Босевська Л.П., Кирпач Ю.В. Загальна геолого-промислова оцінка соляних ресурсів у Карпатському регіоні України Журнал географії, геології та геоекології. Т.24, №2 (2016). https://doi.org/10.15421/111642.

7. Гідродинамічна модель Солотвинського родовищакам'яної солі С.Б. Шехунова1, Ю.О. Негода, С.М. Стадніченко1, В.М. Шестопалов2 , Ю.Ф. Руденко2,Н.П. Сюмар1 ISSN 1025-6814. Геологічний журнал. 2023. № 4, С. 84-96. https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2023.4.293147.

УДК 553.981

РОЗРОБКА ПРОТОТИПУ ГАЗОВОГО АНАЛІЗАТОРА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ВОДНЮ У ҐРУНТОВОМУ ГАЗІ

Віхоть Ю.М.*[1,2]*, *к. геол. н., доц., yuvik@ukr.net;* ***Дацюк Ю.Р.*[1]*,*** *yudat@ukr.net,*
Скакун Л.З.*[2]*, *к. геол.-мін. н., доц., lzskakun@gmail.com;*
Кріль С.Я.*[2]*, *к. геол. н., solia_kr@ukr.net;*
1 – Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна,
2 – Львівське відділення УкрНДІгаз, АТ «Укргазвидобування», Львів, Україна

Природний водень офіційно внесений у перелік корисних копалин загальнодержавного значення у 2025 р. Виникає потреба у аналітичних замірах його концентрації під час газо-геохімічних досліджень для оцінки та виявлення ділянок із аномально високими значеннями. Продемонстровано розроблений пристрій – прототип газового аналізатора – для експрес визначення вмісту водню у складі повітряної суміші ґрунту або відібраних проб газу. В основі пристрою – модуль електрохімічного газового датчика TB600C-H2-5% від компанії EC Sense GmbH. Портативні газові аналізатори, що пропонуються зараз на ринку, є, по-перше, досить дороговартісними, а, по-друге, фіксують значення водню до 1 тис. ppm. Розроблений пристрій вимірює значення водню у більшому діапазоні – від 0 ppm до 50 000 ppm (0–5 об'ємних %), що дозволяє більш ефективно та достовірно визначати концентрації водню у ґрунтовому газі. Пристрій протестований та перевірений на пробах ґрунтового газу і може бути застосований для проведення польових газо-геохімічних досліджень для виявлення підвищених концентрацій водню та для їх кількісної оцінки.

DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE GAS ANALYZER FOR MEASURING HYDROGEN IN SOIL GAS

Vikhot Yu.*[1,2]*, *Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., yuvik@ukr.net;* ***Datsyuk Yu.*[1]*,*** *yudat@ukr.net;*
Skakun L.*[2]*, *Cand. Sci. (Geol.-Min.), Assoc. Prof., lzskakun@gmail.com;*
Kril S.[2]*, Cand. Sci. (Geol.), solia_kr@ukr.net;*
1 – Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine,
2 – Lviv Branch UkrNDIgas, JSC Ukrgasvydobuvannya, Lviv, Ukraine

Natural hydrogen was officially included in the list of mineral resources of national importance in 2025. There is a need for analytical measurements of its concentration during geochemical research to assess and identify areas with abnormally high values. A developed device, a prototype gas analyzer, has been demonstrated to express determination of hydrogen content in soil air mixtures or gas samples. The device is based on the TB600C-H2-5% electrochemical gas sensor module from EC Sense GmbH. Portable gas analyzers currently available on the market are, firstly, quite expensive and, secondly, only record hydrogen values up to 1,000 ppm. The developed device measures hydrogen values in a wider range – from 0 ppm to 50,000 ppm (0-5 % vol.), which allows for more efficient and reliable determination of hydrogen concentrations in soil gas. The device has been tested and verified on soil gas samples and can be used for field geochemical research to detect higher hydrogen concentrations and for quantitative assessment.

Вступ. У 2025 році до переліку горючих, газоподібних корисних копалин загальнодержавного значення додано "водень природний" відповідно до змін, внесених до постанови Кабінету міністрів України від 12.12.1994 № 827 «Про затвердження переліків корисних копалин загальнодержавного та місцевого значення» (постанова Кабінету Міністрів України у новій редакції від 23 травня 2025 р. № 600) [1]. Документ набрав чинності 28 травня 2025 року і став підґрунтям для подальшого вивчення природного водню, як нової корисної копалини.

Аналіз низки закордонних наукових праць, опублікованих за останнє десятиліття, існуючі та поява нових пілотних водневих проектів вказують на особливий інтерес до природного, або, так званого, білого водню. Водень, природного походження, розглядається як важливий елемент у переході до безвуглецевої енергетики, а також як нова корисна копалина. Водночас, стратегії пошуку, розвідки, видобування і комерціалізації природнього водню все ще знаходяться на ранніх стадіях розвитку.

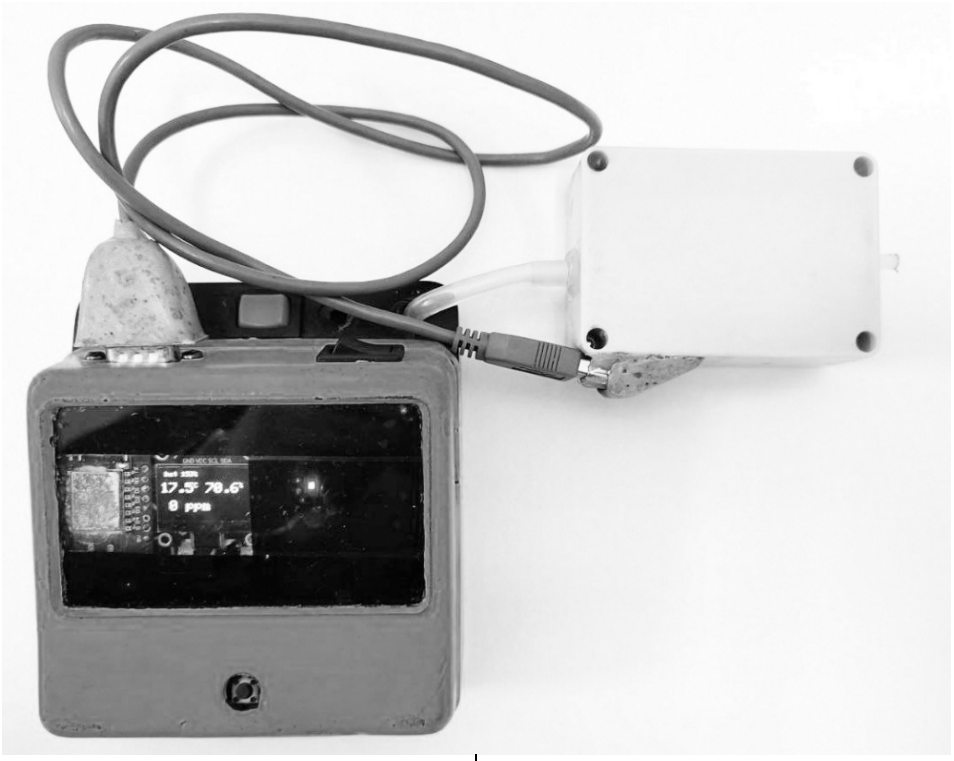
Мета. Розробка портативного, автономного пристрою із застосуванням електрохімічного датчика для експрес визначення вмісту водню від 0 до 50 000 ppm у складі повітряної суміші ґрунту або відібраних проб газу для польових газо-геохімічних досліджень.

Результати. Розроблено пристрій – прототип портативного газоаналізатора – на основі компактного сенсорного модуля TB600C-H2-5% від компанії EC Sense GmbH (Germany) [2]. Цей модуль поєднує електрохімічний сенсор твердого полімеру з цифровим інтерфейсом. Модуль призначений для визначення концентрації водню в діапазоні 0–5 об'ємних % (роздільна здатність: 0,001 об'ємних %).

Серед переваг модуля – невелика тривалість відгуку, швидкий час повернення до нуля, наявність незалежних виходів цифрових датчиків температури та вологості, низьке енергоспоживання, нескладне калібрування. Сенсорний модуль можна застосовувати при широкому діапазоні робочих температур від -40° до +55°C. Він має тривалий термін експлуатації – більше п'яти років.

Модуль базується на технології електрохімічного каталізу, де газ дифундує до робочого електрода, окислюється та генерує струм, пропорційний певній концентрації водню. Сенсорний модуль інтегрує цифрові датчики температури та вологості, що дозволяє одночасно отримувати комплексні дані про параметри середовища, у якому здійснюються заміри водню.

DIY пристрій складається з двох основних частин (рис. 1) – блок управління з повітряним вакуумним насосом та герметична камера з двома отворами для продування повітряної суміші, всередині якої зафіксований датчик концентрації водню. У якості мікроконтролера для зчитування і відображенням інформації вибрано компактний, з низьким енергоспоживанням, модуль ESP8266 (виробник – Espressif), з допомогою якого можна підключитись до пристрою через WI-FI.



а | *б*

Рис. 1. Зовнішній вигляд пристрою (прототипу портативного газового аналізатора) для визначення концентрації водню у повітряній суміші ґрунтового газу (*а* (ліва частина рисунка) – блок керування із вмонтованими повітряним насосом та акумулятором; *б* (права частина рисунка) – герметична камера із модулем TB600C-H2-5% з датчиками водню, температури та вологості)

Після подачі живлення від акумулятора вмикаються мікроконтролер і oled–дисплей, який відображає три вимірювальних параметри – температуру, вологість і концентрацію водню (в ppm). Після увімкнення вакуумного повітряного насоса ґрунтовий газ (або суміш газів) подається у камеру з сенсором і фіксуються значення вмісту водню після стабілізації показів.

Повітряний насос працює у двох режимах:

1) для заміру концентрації водню – 0,5 л/хв;

2) для вентиляції сенсора чистим повітрям – 1,5 л/хв.

Сенсор TB600C-H2-5% попередньо відкалібрований компанією виробником. Але для перевірки стабільності та правильності показів сенсора періодично проводиться калібрування повітряною сумішшю водню, який отримуємо від реакції невеликої наважки алюмінієвої фольги з розбавленою соляною кислотою (1:2). Об'єм чистого водню, виділеного внаслідок реакції, поступає через трубку в закриту ємність, яка з'єднана з мірною вертикальною трубкою, частково заповненою водою. Повітря з основної ємності витісняється в мірну колонку і таким чином визначається об'єм виділеного водню. Після припинення газовиділення повітряна суміш з відомою концентрацією водню вентилюється в камеру з датчиком. Заміри водню знімаються після стабілізації показів датчика. Процедуру повторюють для іншої концентрації водню в повітряній суміші.

Новизна. Портативні газові аналізатори для вимірювання вмісту водню, що пропонуються зараз на ринку, є, по-перше, досить дороговартісними, а, по-друге, більшість із них фіксують значення водню до 1 тис. ppm (1 об'ємний %). Розроблений пристрій визначає вміст водню в межах від 0 ppm до 50 000 ppm (0–5 об'ємних %), що вагомо перевищує аналітичні можливості інших наявних на ринку портативних газових аналізаторів водню. Прототип портативного газового аналізатора призначений для польових газо-геохімічних досліджень з вимірювання концентрації водню в повітряній суміші ґрунту. Повітряну суміш на вміст водню можна аналізувати з пробовідбірного пакета для відбору газу або безпосередньо із різної глибини ґрунту із застосуванням спеціальних систем відбору проб з використанням зонду, що забивається на певну глибину у ґрунт.

Достовірні аналітичні заміри концентрації водню, наприклад, під час газо-геохімічних досліджень для кількісної оцінки вмісту водню у ґрунтового газі, або у пробах газу із свердловин, першочергово необхідні для виявлення проявів водню в межах геологічних структур, та подальших досліджень потенційних джерел, шляхів міграції, механізмів формування покладів водню.

Подяки. Висловлюємо подяку геологу Габору Тарі (Австрія) за консультації та наданий електрохімічний датчик, який став основою для розробки прототипу газоаналізатора.

Список використаних джерел:

1. Постанова Кабінету Міністрів України, 23.05.2025р.: про затвердження переліків корисних копалин загальнодержавного та місцевого значення. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-94-%D0%BF#Text.

2. Gas Sensor Module TB600C-H2-5%. EC Sense GmbH. URL: https://ecsense.com/product/tb600c-h2-5-hydrogen-gas-sensor-module/

ІНВЕСТИЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННОЇ БАЗИ УКРАЇНИ



УДК 556:543.272.2:005.921(477)]006.06(4)

МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ КАРТУВАЛЬНИХ ОЗНАК ПРОМИСЛОВИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ГЕЛІЮ УКРАЇНИ (ДДЗ)

***Гоцинець О.С.*[1], *Багрій І.Д.*[2],** *д. геол. н., проф., bagrid@ukr.net,*
***Семенюк В.Г.*[3],** *к. геол. н., volodymyr.semeniuk2@ukrnafta.com,*
***Мамишев І.Є.*[2],** *с. наук. с.,* ***Зубаль О.О.*[2],** *м. н. с., selenatrio@ukr.net,*
***Васильєва І.В.*[2],** *м. н. с., vasilieva1982@ukr.net,*
***Земський Д.В.*[2],** *м. н. с., denua2@gmail.com,*
1 – Державна служби геології та надр України, м. Київ, Україна,
2 – Інститут геологічних наук НАН України, м. Київ, Україна,
3 – АТ "Укрнафта", м. Київ, Україна

Гелій є одним із дуже цінних у промисловому відношенні газів, що не має широкого розповсюдження в атмосфері та в надрах Землі. Під час дослідження нафтогазоносності закономірно проводилась оцінка гелієносності ділянки для пошуку шляхів отримання гелію з природних газів вуглеводневого та азотного складу.

Промислові концентрації гелію на території України приурочені до нафтогазоносної платформеної області – Дніпровсько-Донецької западини. Численні теоретичні напрацювання підтверджують, що джерелом для видобування гелію в промислових масштабах є нафтові поклади, що містять гелій у вигляді сумішей. Тому пошукові роботи на гелій по суті є пошуками нафтових та газових покладів.

Найбільш надійними критеріями оцінки гелієнасиченості газів є умови відбору проб газу з нафтових та газових свердловин, режим залягання та площа покладу, відповідність виносу газу, нафти та води, газовий фактор тощо. Суттєву роль при виборі напрямку пошукових робіт на гелій має складприродних газів зафіксованих в межах свердловин та площових зйомок за СТАГД. Наведені ознаки отриманих концентрацій гелію у вільних та супутніх газах є важливим пошуковим фактором оцінки галієносності.

Ключові слова: гелій, нафтогазоносність, Дніпровсько-Донецька западина, пошукові роботи.

METHODOLOGICAL BASIS OF MAPPING SIGNS OF INDUSTRIAL HELIUM CONCENTRATIONS IN UKRAINE (DNIPROVSKO-DONETSKA DEPRESSION)

***Hotsinets O.*[1], *Bahriy I.*[2],** *Dr. Sci. (Geol.), Prof., bagrid@ukr.net,*
***Semeniuk V.*[3],** *Cand. Sci. (Geol.), volodymyr.semeniuk2@ukrnafta.com,*
***Mamyshev I.*[2],** *senior researcher,* ***Zubal O.*[2],** *junior researcher, selenatrio@ukr.net,*
***Vasylyeva I.*[2],** *junior researcher, vasilieva1982@ukr.net,*
***Zemsky D.*[2],** *junior researcher, denua2@gmail.com,*
1 – State Service of Geology and Mineral Resources of Ukraine, Kyiv, Ukraine,
2 – Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine,
3 – JSC "Ukrnafta", Kyiv, Ukraine

Helium is one of the very valuable industrial gases that is not widely distributed in the atmosphere and in the bowels of the Earth. The unique physicochemical properties of helium make it indispensable in a wide variety of industrial and research areas. It is used in metallurgy and mechanical engineering, rocketry and aircraft construction, nuclear power and radio engineering, maritime affairs and meteorology, medicine, the canning industry, etc. The consumption of helium in industry is growing every year.

During the study of oil and gas potential, researchers assessed the helium potential of the area to find ways to obtain helium from natural gases of hydrocarbon and nitrogen composition.

Industrial concentrations of helium in the territory of Ukraine are located in the oil and gas-bearing platform region - the Dnieper-Donetsk depression, and are confined to deposits of different ages from Jurassic to Carboniferous rocks. This indicates that there are different possibilities for searching for helium-bearing gases in different stratigraphic rock complexes.

Numerous theoretical developments confirm that the source for helium extraction on an industrial scale is oil deposits containing helium in the form of mixtures. Therefore, helium exploration is essentially a search for oil and gas deposits.

Considering the wide front of geological exploration work, researchers simultaneously conducted both exploration studies for helium and its criterion signs: N (nitrogen), CO_2 (carbon dioxide), and work to search for associated helium, because all the necessary data on its content in free and other gases can be obtained both as a result of exploration of oil and gas deposits, and as a result of targeted searches, as will be described below, using innovative structural-thermal-atmospheric-geochemical technology (STAGD) [18].

The most reliable criteria for assessing the helium saturation of gases are the conditions for sampling gas from oil and gas wells, the regime of occurrence and the area of the deposit, the correspondence of gas, oil and water removal, the gas factor, etc. The composition of natural gases recorded within the wells and area surveys by STAGD plays a significant role in choosing the direction of helium exploration. The above characteristics of the obtained helium concentrations in free and associated gases are an important search factor for assessing helium content.
Keywords: helium, oil and gas content, Dnieper-Donetsk depression, exploration.

Вступ. У липні 2025 року Кабінет Міністрів України затвердив переліки корисних копалин та компонентів стратегічного та критичного значення для сталого розвитку економіки України [19]. На жаль, до вказаних переліків не віднесено гелій, і, взагалі, з точки зору використання в Україні, цей елемент незаслужено забутий. З 60-х років минулого сторіччя геологорозвідувальні роботи та геолого-економічна оцінка ділянок, перспективних на гелій, не проводилась.

Гелій є одним із дуже цінних у промисловому відношенні благородних газів, не дуже розповсюджений в атмосфері та в надрах Землі. Особливого значення він набуває у застосуванні в кріогеніці, медичній науці, газовій хроматографії, комп'ютерній галузі, термоядерних реакторах, зварюванні, виявленні витоків, над- та напівпровідниках. Як видно, без гелію сучасні суспільство і наука перебували би в значних обмеженнях щодо функціональності. Сучасна економіка видобутку та виробництва гелію є дуже привабливою. У 2024 році обсяг світового ринку гелію оцінювався в 3,9 мільярда доларів США і, за прогнозами, має збільшитися до 4,2 млрд у 2025 і до приблизно 7,5 млрд до 2034 року. Світовий загальний річний темп зростання ринку прогнозується на рівні 6,72% [9].

Звертаючи увагу на те, що гелій є єдиним елементом, який в умовах Землі не відновлюється, а видобуток його здійснюється лише на 16 родовищах в усьому світі (7 з яких знаходяться за межами США), запаси цього газу за певний період прогнозовано скоротяться до критично низького рівня. Якщо додати, що всі без виключення відомі в світі запаси гелію були виявлені випадково, то на ринку виникло справедливе занепокоєння в стабільності його постачання. Як результат, вартість сирого гелію зараз приблизно в 30 разів перевищує еквівалентний об'єм сирого метану, і ціна гелію коливається в діапазоні від 3,75 доларів за 1м^3 (необроблений гелій) до 7,21 доларів/м^3 (гелій класу А чистоти не менше 99,97%). Таким чином, розробка стратегії геолого-економічної оцінки цієї дорогоцінної сировини в Україні очевидна.

Джерелом для промислового отримання гелію є природні гази вуглеводневого та азотного складу. Тому, поряд із вивченням нафтогазоносності, одночасно слід проводити оцінку гелієносності.

Промислові концентрації гелію на території України приурочені до нафтогазоносної платформеної області – Дніпровсько-Донецької западини [1]. Згідно з теоретичними напрацюваннями єдиним джерелом для видобування гелію в промислових масштабах є нафтові поклади, що містять гелій у вигляді сумішей. Тому пошукові роботи на гелій по суті є пошуками нафтових та газових покладів. Враховуючи широкий фронт геолого-пошукових робіт одночасно проводилися, як пошукові складові дослідження на гелій та його критеріальні ознаки: N (азот), CO_2 роботи на гелій, бо всі потрібні дані про склад гелію у вільних і супутніх газах можуть бути отримані як в результаті розвідки покладів, так і в результаті цілеспрямованих пошуків, як буде наведено нижче, за інноваційною структурно-термо-атмо-геохіиічною технологією (СТАГД) 18.Як показали численні напрацювання, промислові концентрації гелію приурочені до різновікових відкладів від юрських до кам'яновугільних у Дніпровсько-Донецькій западині, це свідчить про те, що є можливості пошуку гелієносних газів в різних стратиграфічних комплексах порід [10, 13].

Наведені ознаки отриманих концентрацій гелію у вільних та супутніх газах є важливим пошуковим фактором оцінки галієносності. Тому найбільш надійним критерієм гелієнасиченості газів є умови відбору проб газу з нафтових та газових свердловин, режиму залягання та площ покладу, відповідності виносу газу, нафти та води, газового фактору тощо [2].

Суттєву допомогу, як наведено вище, при виборі напрямку пошукових робіт на гелій дає закономірність складу природних газів зафіксованих в межах свердловин та площових зйомок за СТАГД. Загальне збільшення пошукових компонентів до складу яких входить азот [3, 4, 16].

Стратегія пошуків і геологічного вивчення родовищ гелію залежить від розуміння його походження. Розподіл радіоактивних елементів у кристалічних і осадових породах свідчить на користь епігенетичного походження гелію в природних газах осадової товщі. Масштаби утворення гелію в осадових відкладах дуже малі в порівнянні з масштабами гелієгенерації в породах фундаменту за об'ємною кількістю радіоактивних елементів. Це обумовлено як потужностями порід, так і пористістю. Лише лічена кількість родовищ природного газу міститть достатньо гелію, щоб видобуток був комерційно рентабельним [5].

Знаходячись у вільному фазовому стані в найменших порожнинах мінералів і постійно поповнюючись, гелій створює надлишковий тиск, руйнуючи кристалічну решітку. Вивільнившись з кристалічної решітки, він переходить у капіляри порід, насичуючи при цьому водні розчини. Після того, як гелієнасиченість вод у поровому просторі досягла повної насиченості, гелій може перебувати у вільній газовій фазі. Вільний гелій починає проникати в більші пори і тріщини. Останні є колекторами і каналами міграції гелію в вищезалягаючі відклади, підпорядковуючись вертикальним проникним процесам та міграціям флюїдів у земній корі. Враховуючи фізико-хімічні властивості гелію, його постійне утворення в надрах, можна сказати, що відбувається безперервний обмін і його рух. Частина утвореного гелію в надрах надходить у вигляді газових струменів і дифузії в пастки-колектори і утримується в них, частина розчиняється в підземних водах в нафті, а частина виділяється в атмосферу.

Гелій має максимальну швидкість дифузії, внаслідок чого існує велика можливість міграції [9, 11]. Основними причинами, що обумовлюють рух гелію в надрах і його втрати, є: різниця хімічних потенціалів гелію в надрах і атмосфері, його висока летючість і проникність через малі розміри атомів, його легкість і повна інертність в природних умовах земних надр, що виключає можливість утворення будь-яких сполук з іншими елементами і, таким чином, затримку в надрах. Враховуючи фактор постійної міграції гелію в атмосферу, можна сказати, що гелій, який знаходиться у вільних і супутніх газах Дніпровсько-Донецької западини, епігенетичного походження, тобто мігрував у осадову товщу з кристалічного масиву фундаменту в вуглеводневі структури-пастки, що і слугують критеріальними науковими ознаками генетичних умов продукуючих компонентів, використаних в технології СТАГД, як надійніший пошуковий аргумент.

Не зважаючи на те, що зазвичай гелій зустрічається в підземних резервуарах разом із природним газом, особливо в родовищах, де газ був захоплений непроникними шарами гірських порід, гелій генетично не пов'язаний з вуглеводневими та іншими компонентами газу. Його концентрація визначається гелій-продукуючою можливістю підстилаючих материнських порід, що містять радіоактивні елементи, а також гідродинамічні процеси знаходяться і фіксуються в верхній оболонці земної кори. Закономірне збільшення гелієносності з глибиною, головним чином, у водорозчинних газах, як буде наведено нижче, обумовлено коефіцієнтом положення точки відбору, температурою, тиском та іншими геологічними факторами [12].

З точки зору джерела гелію, вік гранітних утворень має значення – докембрійські комплекси більш продуктивні в порівнянні з альпійськими. Але для утворення родовищ цього не достатньо – повинна відбутися первинна міграція з джерела походження. Вважається, що області з аномально високими значеннями теплового потоку без чітко визначеного тектонічного пояснення є тим самим каналом по якому відбувається міграція гелію з кристалічних порід в осадові басейни. Тобто, гелій мігрує у флюїдні включення і тріщинки у породі, через яку йде тепловий потік [6, 7, 8].

Формуючі геолого-генетичні ознаки на видобуток гелію. Концентрації гелію

мінливі, і певну роль у визначенні концентрації гелію в надрах відіграють певні геологічні умови, такі як наявність деяких типів гірських порід, історія геологічних процесів та склад природнього газу. Тому, історично склалося так, що продуктивні гелієві поля класифікуються відповідно до головного компоненту газу: азотні (США, Україна), вуглекислогазові (США) та метанові (Катар, Іран, Алжир) [9]. Між вмістом у газах азоту та гелію є пряма залежність. Зв'язок між гелієм, метаном та високим вмістом важких вуглеводнів має зворотний характер.

На території, що розглядається, підвищені концентрації гелію характерні для газів з низьким вмістом важких вуглеводнів. Таким чином, між важкими вуглеводнями та гелієм існує зворотний зв'язок: чим більше в нафті важких вуглеводнів, тим менше в них гелію.

Складніше виявилося характеру зв'язку між змістом метану та гелієм. Як показує аналіз, характер зв'язку між метаном та гелієм залежить від складу газу. Так, у газах, що складаються з метану та азоту, зв'язок гелію з метаном зворотний.

Однак, незважаючи на відсутність генетичного зв'язку між гелієм та азотом, двоокисом вуглецю та іншими компонентами газового складу, давно помічено, що найбільш високогелієносні гази характеризуються переважно азотним складом. Між вмістом гелію та азоту існує прямо пропорційна залежність, із збільшенням

азоту збільшується концентрація гелію.

Таким чином, сучасне розуміння походження і накопичення економічно значущих концентрацій гелію в природньому газі бачиться як двоступеневий процес: 1) генерація і накопичення гелію у поровій воді в колекторі, і 2) взаємодія порової води колектору з природним газом. Гелій, який утворюється в результаті розпаду урану і торію, дифундує до порової води, на що вказує збільшення його концентрацій одночасно із збільшенням концентрацій урану і торію, збільшенням віку породи та зменшенням пористості. Високі концентраціх гелію в поровій воді та низький поровий тиск при взаємодії газу з водою сприяють захопленю гелію газом і його міграції разом з газом до пасток та уловлювачів [9].

На відміну від природнього газу зміст гелію, як найменш розчинного компонента в нафті, зазнає змін: спочатку збільшується, потім знижується і наприкінці експлуатації може знизитись до дуже незначної величини. Простежується також залежність між вмістом гелію з тяжкими вуглеводнями, видно, що збільшення нафтових газів важких вуглеводнів в свердловині зменшується вміст гелію.

Розчинність гелію в нафті в 18-20 разів більша, ніж у мінералізованій воді. Експериментальні роботи показали, що розчинність гелію в різних вуглеводнях також різна, і змінюється обернено пропорційно до питомої ваги нафти. Зі збільшенням тиску густини важких ВВ і температури нафти зменшується розчинність у ній гелію.

У зв'язку з порівняно гарною розчинністю гелію в нафті, остання сприяє збереженню гелію у своєму складі. Гелій розчинений у нафті разом із вуглеводневими газами і тому кількість його визначається величиною газового фактору та концентрацією. Для попутних нафтових газів Дніпровсько-Донецької западини встановлювалися залежності концентрації гелію від величини газового фактору. З останнього встановлюється закономірність, що зі збільшенням тиску газового фактору зменшується концентрація гелію.

Як правило, концентрація гелію в нафті і розчиненому у ній газі під високим тиском, може бути в десятки разів більшої, ніж у водонасиченому пласті. Поясненням цього є велика стисливість газів, розчинених у нафті [21].

За експериментальними даними, що наближені до пластових умов, тобто вивчення розчинності інертних газів у нафті в суміші з вуглеводневими газами та при тиску від 5 до 300 атмосфер були зроблені висновки, що:

1. Коефіцієнт розчинності гелію в пластовій нафті при тиску (до 50 атмосфер) спочатку збільшується з ростом тиску, а потім до 120 атмосфер не змінюється, а при тиску 120 атмосфер та більше спостерігається незначне зменшення величини коефіцієнту розчинності. 2. Збільшення температури незначною мірою не погіршує розчинність гелію в нафті, а відрізняється за контурними проявами.

Метод обліку гелію в попутних газах ускладнюється регенерацією, оскільки в міру експлуатації родовища змінюються умови для збереження гелію. Коли пластова нафта потрапляє в умови тиску меншого, ніж пружність розчинених у ній газів, починається процес виділення надлишкового газу у вільну фазу, утворення газової шапки при розробці покладу в умовах режиму розчиненого газу. Гелій, як менш розчинний компонент, у таких умовах йде у вільну фазу [17, 22, 24].

Експерименти показали, що при ступінчастому розгазуванні нафти від 40 атмосфер (перший ступінь) до 10 атмосфер (четвертий ступінь) вміст гелію в рідкій фазі зменшується в 114 разів. При розробці нафтового родовища на режимі розчиненого газу в нафтоносному пласті відбувається процес, схожий на східчасте розгазування , тобто коли в пласті знизиться тиск нижче тиску насичення, це спричиняє виділення гелію у вільну газову фазу в пласті. У складі видобутого попутного газу починає зростати вміст малорозчинних компонентів – гелію.

Питання гелієносності України та шляхи їх вирішення. Вуглеводневі гази нафтогазоносних районів викликають зацікавленість щодо їх гелієносності. Однак вивченню гелієносності природних газів на території України практично до сьогодення не приділялося належної уваги. Відбір проб газу та визначення концентрації гелію в них проводилися лише на небагатьох родовищах без будь-якого наукового та прикладного впровадження.

У далекі 60-ті роки XX століття в тематичний план УкрНІІГРІ була включена тема щодо виявлення перспектив гелієносності території України, а разом з тим розпочалося систематичне вивчення гелієносності природних газів. В результаті проведеної роботи виявлено три перспективні на гелієносні гази райони – Дніпровсько-Донецька западина, Західно-Українські нафтогазові регіони та Причорноморська нафтогазова область. За час виконання дослідницьких робіт на той період відібрано 685 проб вільного та супутнього газу родовищ України та проведено їх аналіз на вміст гелію. Це дозволило вперше підрахувати балансові запаси гелію на території УРСР станом на 1 січня 1969 року [14, 15].

Гелієносність Дніпровсько-Донецької западини за результатами промислової оцінки нафтогазоносних свердловин. Утворення гелію в природних газах Дніпровсько-Донецької западини приурочені, в основному, до порід кристалічного фундаменту, а вторинну роль в його утворенні відносимо до перід осадового комплексу. У цьому можливо переконатися при розгляді розповсюдження гелію в регіональному плані. Спостерігається збільшення концентрації гелію в покладах газу, розташованих над або біля ділянок з максимальним розвитком розломів у фундаменті та на структурах з найбільшою кількістю локальних порушень в осадовій товщі, наприклад, Радченківське, Качанівське, Краснопопівське, Вородське та інші родовища. Це свідчить про те, що гелій потрапив у поклади з більш глибоких шарів Землі [21, 23].

У верхах стратиграфічних горизонтів концентрація гелію доволі рідко перевищує зміст їх у атмосфері. З глибиною залягання одновікових, а також різновікових горизонтів, концентрація гелію збільшується.

На підтвердження того, що гелій є епігенетичного походження, можуть слугувати й інші фактори. Наприклад, підвищені концентрації гелію в покладах, розташованих на невеликій глибині та відносно близько до кристалічного фундаменту (Краснопопівське, Вергунське, Славяно-Сербське та інші).

Позитивні аномалії носять, як правило, локальний характер і характеризують величину або інтенсивність міграції гелію, здатністю окремих пластів-покришок перешкоджати його міграції та випаровуванню. Такий розподіл гелію – явна ознака того, що він мігрує з глибин, а скупчення його у вільних та попутних нафтових газах та водоносних структурах є найбільш представницькими структурами з боку накопичення промислових обсягів. Також гелій на території ДДЗ виявлено у складі вільних, попутних та водорозчинених газів різновікових відкладів від антропогенових до девонських включно.

В процесі узагальнення, існуючих на сьогодні, використаних матеріалів майже восьми тисяч опробувань нафтогазоносних свердловин ДДЗ, вперше надано промислову оцінку гелієносності за результатами буріння на вуглеводні (рис. 1).

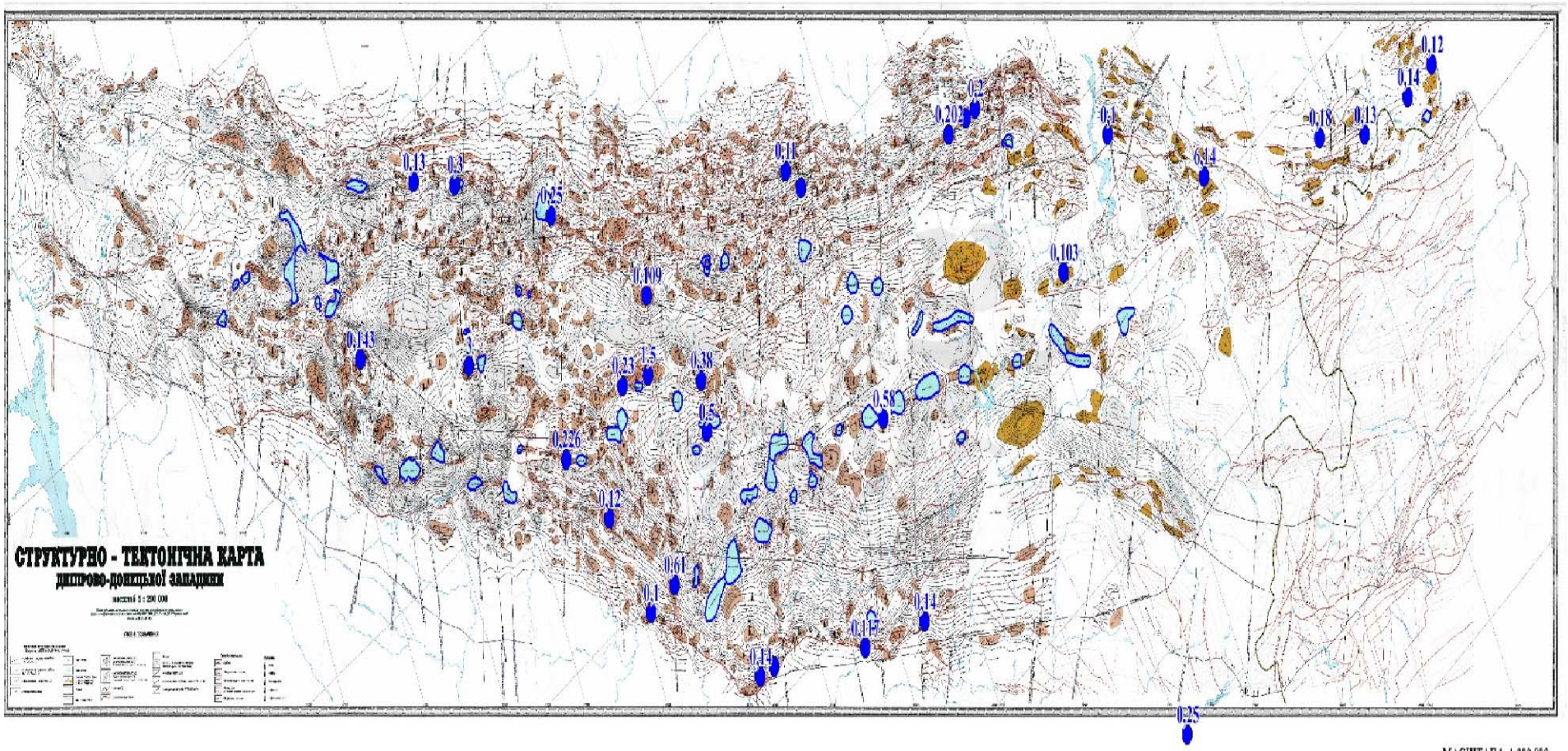


Рис. 1. Карта перспективних нафтогазоносних об’єктів та промислових концентрацій на видобуток гелію

Наукове обґрунтування картувальних ознак проявів гелію за структурно-термо-атмогеохімічною технологією

Починаючи з 80-тих років минулого століття розгорнуті фундаментально-прикладні дослідження зі створення інноваційних технологій на пошуки прісних, термальних, мінеральних вод, визначення картувальних ознак на традиційні та нетрадиційні вуглеводні та їх компоненти He (гелій) , H_2 (водень) та N (азот).

Головним завданням, на сьогодні, оцінити промислові гелієві ресурси та перспективи приросту запасів за рахунок розробки та впровадження інноваційних технологій, які пройшли надійну апробацію на численних традиційних та нетрадиційних нафтогазових структурах України.

В процесі багаторічних фундаментальних та прикладних досліджень з картування нафтогазоносних ділянок на традиційних та нетрадиційних об'єктах (шельфові зони, астроблеми), створена, як показала численна практика, високоефективна прямопошукова технологія САГД (структурно-атмо-геохімічних досліджень) та серія унікальних апаратурних комплексів (суходіл та морські акваторії (захищені патенти) [18] на вуглеводні та їх основні складові – гелій, азот, а також спектр носіїв He (гелію), важких та легких нафтових вуглеводнів (рис. 2).

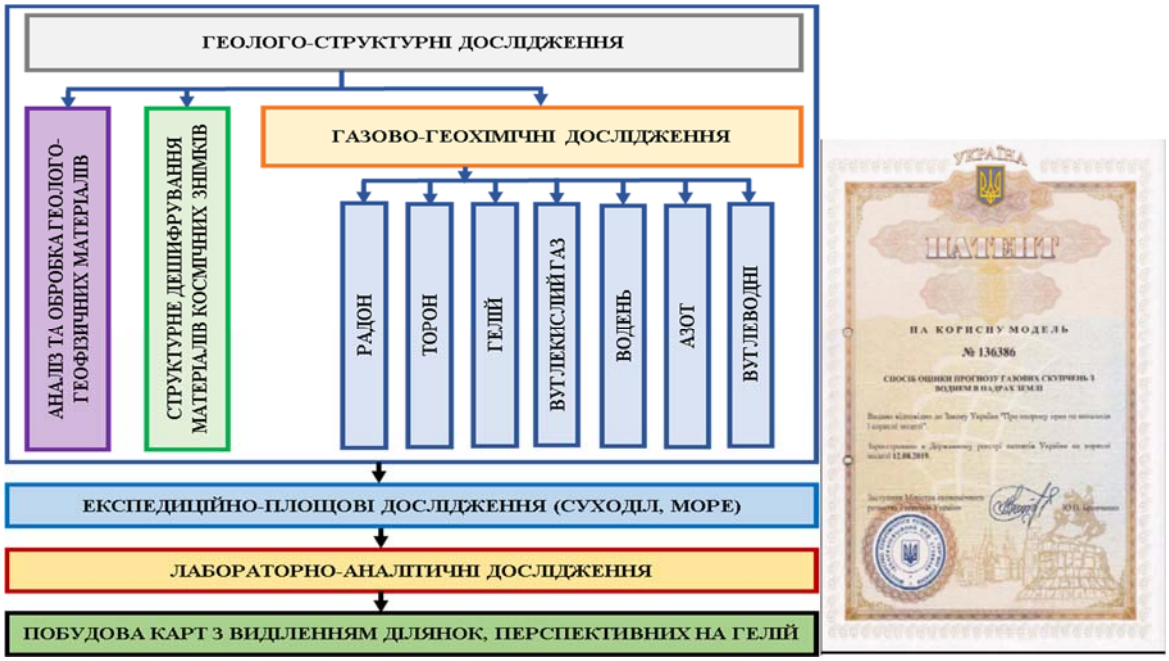


Рис. 2. Технологічна пошукова схема структурно-атмо-геохімічних досліджень (САГД) на He (гелій)

Технологія апробована на численних традиційних і не традиційних родовищах вуглеводнів, і тому має всі перспективи для ефективного застосування при пошуках перспективних площ і видобутку гелію.

Теоретичним підґрунтям для пошуків гелію використана наявність над покладами вуглеводнево-нафтових родовищ специфічних ореолів розсіювання, що формуються в результаті дифузійного масопереносу газоподібних ВВ, гелію, азоту та супутніх компонентів (Rn, Tn), що фіксують розломні зони підвищеної проникності та приурочені до них підземні води з гелієм.

Як показала багаторічна практика, використана технологія базується на системному аналізі критеріальних газових проявів за гелієм, азотом та спектром важких вуглеводнів. Її відмінність від інших пошукових методів гелію як на суходолі, так і в акваторіях полягає у застосуванні системи методів і критеріїв при обґрунтуванні нафтогазоносності на локальному й регіональному рівнях та можливості швидкої адаптації при вирішенні

відповідної конкретної задачі – виявлення гелієвих проявів для обґрунтування деталізації перспективних площ для промислового видобутку.

Системний підхід та значна детальність площових опробувань робить доказовими висновки щодо приуроченості підвищених концентрацій гелію до відповідних тектонічних, морфологічних структур, стратиграфічних рівнів, отриманих за комплексом польових та матеріалами геологічних, геофізичних та аерокосмічних досліджень, зокрема й на часових сейсмічних розрізах, до зон дегазації газонасичених флюїдів та непроникних зон формування гелієвих пасток.

Крім того, як було наведено вище, розв'язання означених проблем стало можливим завдяки розробці спеціальної технології та апаратурного комплексу, що відповідає всім сучасним вимогам щодо одержання необхідного геохімічного спектру даних, включаючи еманаційні, газо-геохімічні та за системою підпорядкованості критеріальних ознак Rn, N (азот), а також спектру легких та важких вуглеводнів що в кінцевому рахунку, перейти до картувальних ознак пошукової технології перспективних площ на пошуки гелію.

Розроблена структурна та функціональна типізація площ комплексу, а також детальність площових досліджень, дозволяє більш аргументовано визначати позицію та функціональну значимість блоків, сприятливих для формування умов накопичення гелію в зонах розташування нафтових покладів.

Вибір регіонів і структур, перспективних для пошуку, розвідки та видобутку гелію, ґрунтується на основні закономірності його просторового площинного розподілу від геологічних та геохімічних формуючих умов.

Отримані результати наукових розробок з картування гелієносних площ, виконаних у рамках наукових і практичних пошукових і геоекологічних досліджень на 165 традиційних і нетрадиційних вуглеводневих об'єктах. Обґрунтовано та використано прогнознопошукові системні критерії, де складовою частиною комплексу методичних рішень, як наведено вище, вперше в пошуковій практиці використовувався гелій.

Проведені нами детальні площові атмо-газогеохімічні зйомки в рамках пошукової технології СТАГД на перспективних ліцензійних нафтогазоносних структурах дозволили закартувати наявність аномальних ділянок гелієвих концентрацій, що значно перевищують фонові значення. Такі ділянки становлять безперечний пошуковий інтерес у широких постановках досліджень. Нижче наведені результати площових за СТАГД зйомок на гелієносність та традиційних та нетрадиційних нафтогазоносних об'єктах: Бовтиська імпактна структура Північно-Скворцівська та Новошандрівська Дубівська Нафтогазоносні площі.

Розподіл гелію по території *Північно-Скворцівської площі* (рис. 3) носить плямистий характер. Найбільш поширені аномалії знаходяться у східній частині ділянки робіт. Підвищеними значеннями характеризується східний фрагмент скиду, що обмежує з півдня Північно-Кузьмичівську і Даньчиківську структури.

Бовтиська імпактна структура (рис. 4). Гелій визначено у 33 пунктах спостереження. Аномалії газу утворюють зону загального північно-східного простягання. Більшість аномалій співпадають з перетинами тектонічних порушень в тому числі Кіровоградського розлому. Зона перетинає Бовтиську структуру в її центральній частин (рис. 4).

В південно-західній частині структури аномальна зона має більш виражене північно-східне простягання і пов'язана з перетином Кіровоградського глибинного розлому Чигиринським насувом, а також з перетином Кіровоградського глибинного розлому Глодоським підкидом і Цибулівським порушенням.

На північ від південної аномалії, в межах кратеру, спостерігається аномалія широтного напрямку. Вона починається від східного краю Кіровоградського глибинного розлому в місці перетину його Косарсько-Погорільським розломом, а далі простежується вздовж Шполянського порушення і на його продовженні.

Ще одна площинна аномалія гелію фіксується на півночі і виникає в місці перетину Кіровоградського глибинного розлому і Ревівсько-Худоліївського порушення.

Новошандрівська площа (Дубівська ділянка) (рис. 5) гелій зафіксований у 74 пунктах спостережень.

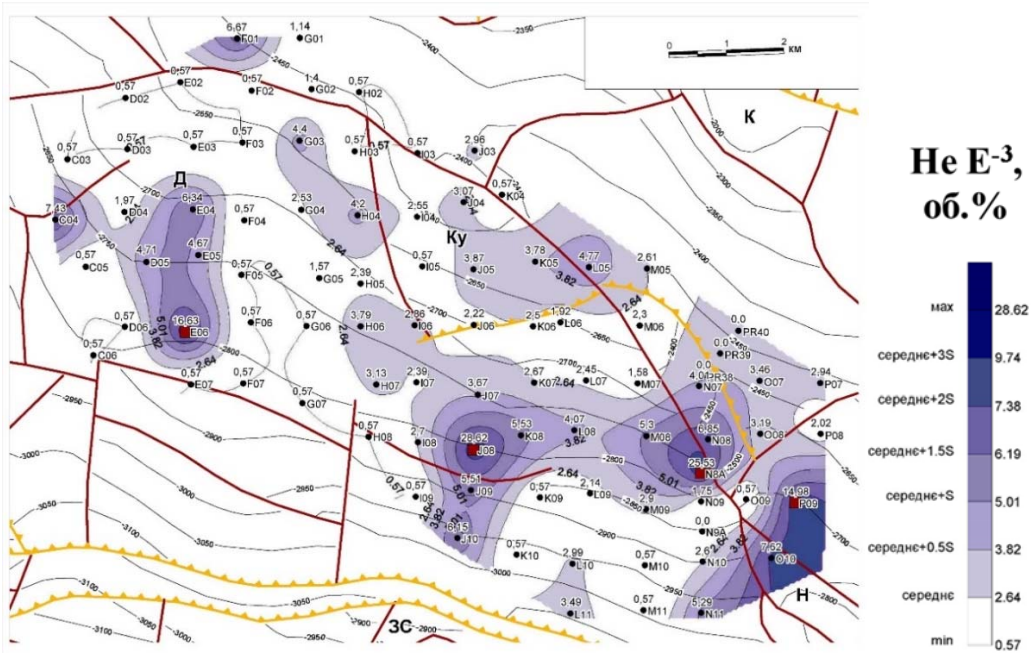


Рис. 3. Схема розподілу вмісту гелію в підґрунтовому повітрі. Північно-Скворцівська площа

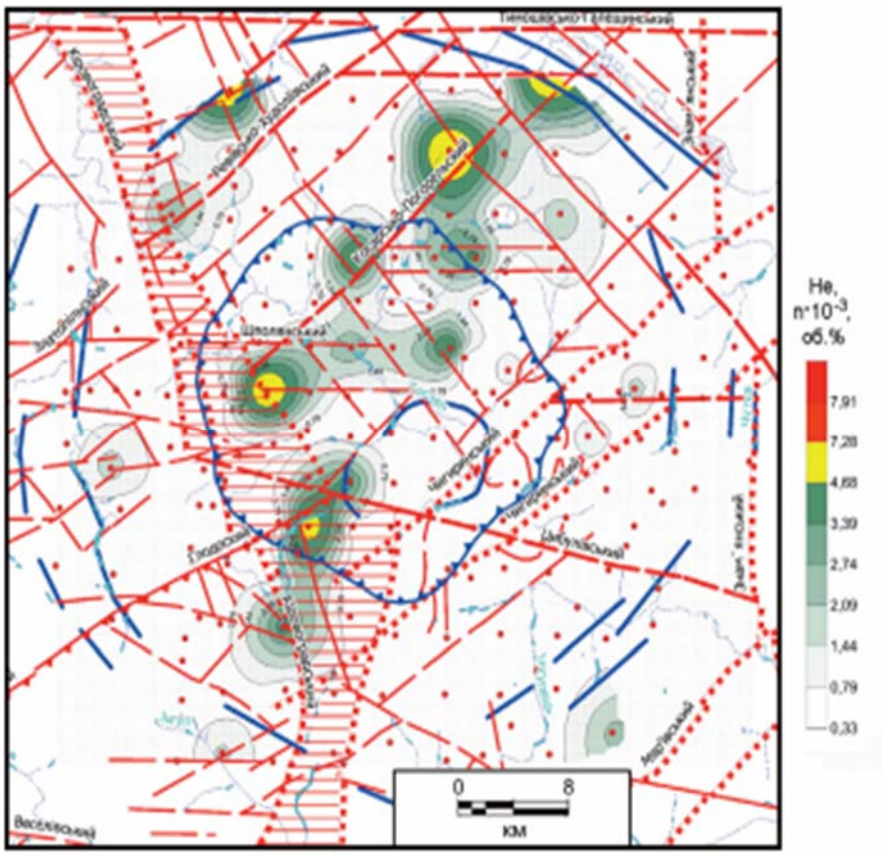


Рис. 4. Схема розподілу вмісту гелію в підґрунтовому повітрі. Бовтиська імпактна структура

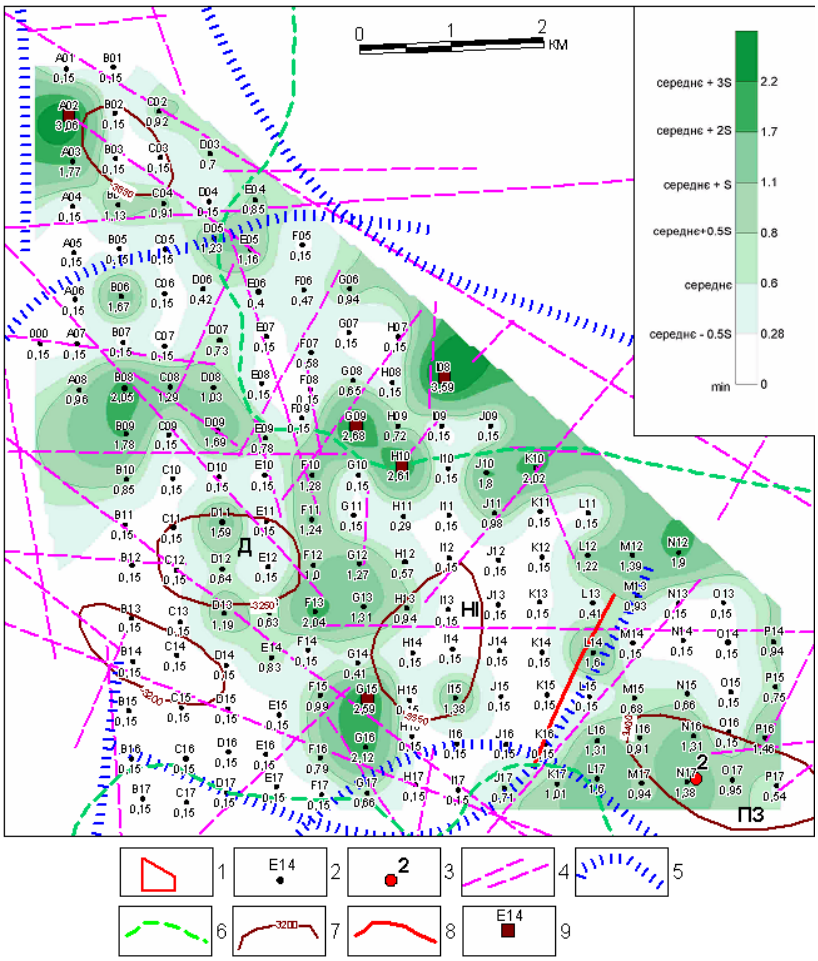


Рис. 5. Схема розподілу вмісту гелію в підґрунтовому повітрі. Шкала і значення наведені для гелію (n*10^{-3} об.%). Дубівська ділянка. Максимальне значення на ділянці робіт становить 3,6*10^{-3}об.%.

Уявлення щодо змісту та особливостей фактографічних даних надало можливість обґрунтувати структурну і гелієву позицію полігонів, площ і ділянок, а також забезпечити при інтерпретації результатів польових робіт і прогнозуванні нафтогазоперспективних та водневих об’єктів для обґрунтування пропозицій з метою промислового видобутку і підвищення ефективності пошуково-розвідувальних робіт (ПРР) на гелій, нафту і газ, і перспективи розробки родовищ гелієвих скупчень.

Тому ми, маючи значний досвід детального картування газових елементів (Rn, Tn, N, He, спектр важких вуглеводнів) більш ніж на 165 ділянках – носіях вуглеводнево-воднево-гелієвих компонентів, загальною площею понад 25000 км^2 на суходолі і в морських акваторіях, проведена перша спроба узагальнення результатів власних наукових досліджень щодо виділення перспективних зон для більш цілеспрямованих досліджень з пошуків не тільки ВВ, але й He та N (азот) Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) (рис. 6).

Висновки. Промислові концентрації гелію на території України приурочені до нафтогазоносних платформних областей – Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ). Але з точки зору теоретичного обґрунтування напрямків геологорозвідувальних робіт на гелій, необхідно розуміти локалізацію джерела радіоактивного розпаду та яким чином гелій вивільняється з докембрійської материнської породи, напрямок і завдяки чому відбувається вторинна міграція на значну відстань від джерела, як відбувається накопичення гелію в нафтогазових басейнах і як відбувається руйнація басейну природніми процесами (порушення пастки або розсіювання).

В геологічних умовах України єдиним джерелом для отримання вказаної інформації є, по суті, нафтові поклади, що містять гелій у вигляді домішок. Тому розвідувальні роботи на гелій по суті є пошуком газонафтових покладів.

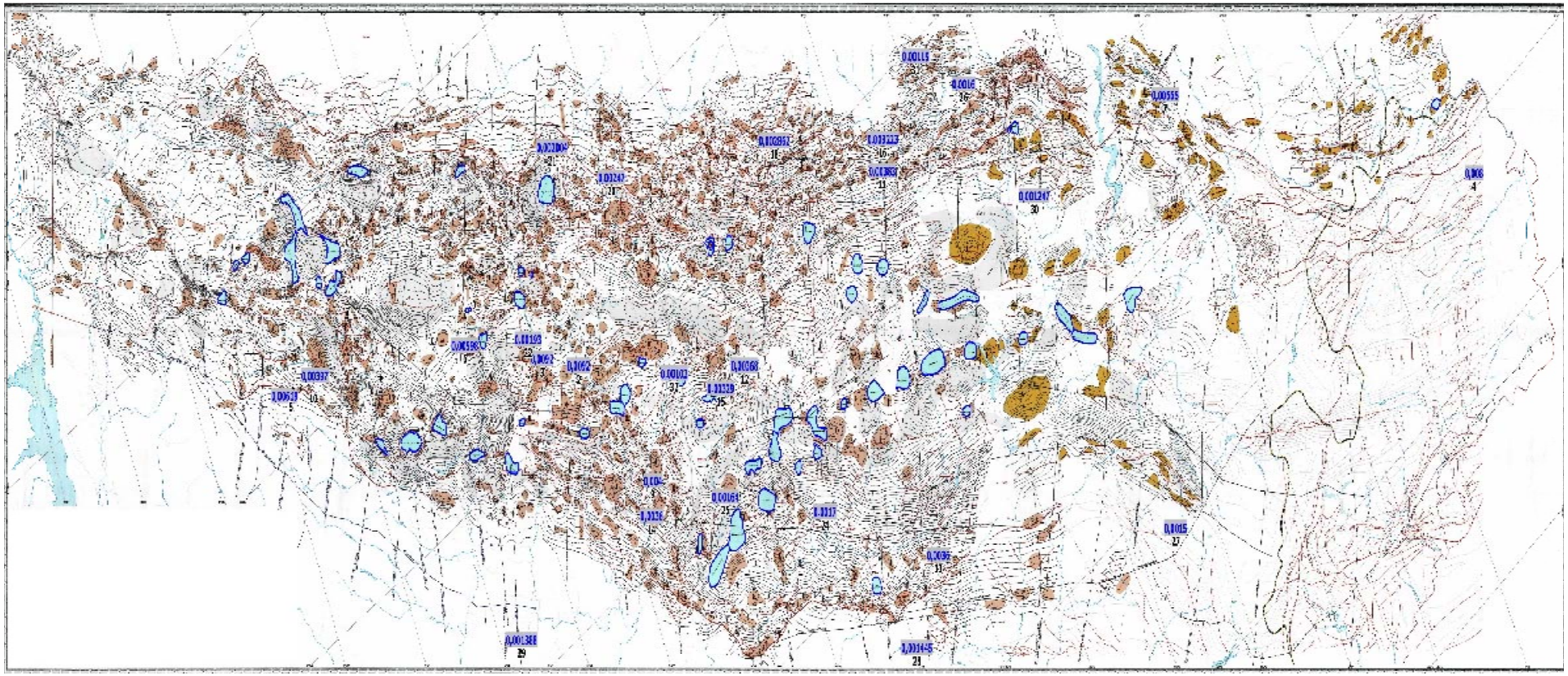


Рис. 6. Карта-схема перспективних нафтогазоносних об’єктів та промислових концентрацій на видобуток гелію за технологією СТАГД

Дані про вміст гелію у вільних та попутних газах можуть бути отримані в процесі розвідки покладів вуглеводнів за технологією СТАГД. Тому вельми вірним критерієм для оцінки гелієнасиченості газів є знання умов відбору проб газу з нафтових і газових свердловин, режиму покладу та роботи свердловини, співвідношення виносу газу, нафти та води, газового фактору, а також детальність закартованих даних гелієвих концентрацій на нафтових структурах ДДЗ.

Концентрація гелію у масивних нафтогазових та нафтових покладах зростає у процесі їх експлуатації, у міру падіння пластового тиску. Збільшення концентрації гелію пояснюється припливом водорозчинного газу в продуктивний поклад із підстилаючих і законтурних вод. У зв'язку з цим запаси газу в газовому покладі збільшуються порівняно з початковими.

Достовірною величиною концентрації гелію в попутних газах слід вважати визначення її в пробах взятих із свердловин експлуатують нафтові поклади з пластовим тиском вище тиску насичення нафти.

Структурні ознаки є дуже важливою умовою гелієнакопичення. Основні запаси гелієносних газів виявлені в ДДЗ. Ця закономірна приуроченість до певних тектонічних регіонів.

Лише на ділянках активного вторинного збагачення гелієм покладів нафти і газу, що прилягають до глибинних розломів, можна виявити гелієносні поклади газів. Безперечно, що структурні особливості нерозривно пов'язані зі стратиграфічними та літологофаціальними критеріями та мають розглядатися в комплексі.

Суттєву допомогу у виборі напрямку пошукових робіт на гелій вказує закономірність зміни складу природних газів у межах нафтогазоносних регіонів. Загальне збільшення вмісту азоту у складі вільних газів є ознакою високих концентрацій гелію.

По відносній величині запасів гелію та її потребою у народному господарстві можна зробити висновок про доцільність вилучення гелію з вільних газів з концентрацією гелію 0,05%, а попутних – 0,05%.

Виходячи з напрацьованих матеріалів на сьогоднішній день можна обговорити із зацікавленими організаціями питання про доцільність використання газів перелічених родовищ для вилучення з них гелію. Розглянути та внести пропозицію щодо доцільності будівництва гелієвого заводу у районах максимальних значень як за комплексом результатів буріння так і за матеріалами площових зйомок за СТАГД.

На закінчення слід зазначити, що видобуток гелію з вуглеводневих родовищ не зменшує його запасів.

Список використаних джерел:

1. Аверьев В.А. Особенности образования солянокупольных структур в юго-восточной части Днепровско-Донецкой впадины. Материалы по геологии газоносных районов СССР. Труды ВНИИГаз, вып. 14 (22). Гостоптехиздат, 1962.
2. Анищенко Л.А., Рулев Н.А., Сливка В.И. Некоторые особенности изменения содержания гелия. Газпром. 1968.
3. Багрій І. Д. Іноваційна еколого-пошукова технологія (енергетичні та екологічні аспекти). Київ. 202024 с.
4. Багрій, І. Д. (2024). Гідробіогенно-мантійна концепція походження вуглеводнів – шлях до нової пошукової технології. Мінеральні ресурси України, (1), 4-11. https://doi.org/10.31996/mru.2024.1.4-11
5. Багрій, І. Д., Дубосарський, В. Р., Ярошовець-Баранова, К. А., Паюк, С. О., & Бурлуцький, М. С. (2023). Впровадження структурно-термо-атмо-геолого-геохімічних досліджень при картуванні перспективних нафтогазоносних площ на Оболонській астроблемі. Мінеральні ресурси України, (4), 3-10. https://doi.org/10.31996/mru.2023.4.3-10
6. Ботнева Т.А., Панкина Р.Г., Соколов В.А. По материалам Волго-Уральской области, Кавказа и Южно-Украинской области. — Москва: Недра, 1966. — 202 с.

7. Воронов А.П. (1967) Закономерности распределения гелия в подземных водах Русской платформы. - Изв. АН СССР, сер. геол., № 12, с. 127-132.

8. Воронов А.П. Природные газы палеозойских отложений Российской платформы в связи с геолиеносностью: автореф. дис. канд. геол. наук: Санкт-Петербург, 1967.

9. Гордиенко В.В. (2001) Современная активизация и изотопия гелия территории Украины [Текст] / В.В. Гордиенко, В.Н. Тарасов; НАН Украины, Институт геофизики им. С.И.Субботина. - К.: Общество "Знание" Украины, с.96-101. - ISBN 966-618-175-4

10. Гуцало Л.К. (1965) О генезисе гелия в подземных водах ДДВ – Геохимия, № 1. с.108-113.

11. Доленко Г.Н. (1967) Коллекторы нефтегазоносных районов Украины. Киев. Наук. думка, с. 153-161.

12. Лондон Э.Е. (1962) Некоторые особенности формирования залежей нефти и газа в Днепровско-Донецкой впадине. Геология нефти и газа, № 3, с.24-28.

13. Лукин А.Е., Довжок Е.М., Книшман А.Ш., Гончаренко В.И., Дзюбенко А.И. (2012) Гелиевая аномалия в нефтегазоносных визейских карбонатных коллекторах Днепровско-Донецкой впадины / А.Е. Лукин, Е.М. Довжок, А.Ш. Книшман, В.И. Гончаренко, А.И. Дзюбенко // Доп. НАН України. № 7. с. 97-104.

14. Мазур Н. Н., Ладыка Ю.Ф., Данилина И. Д., Миланич М.В. Оценка перспектив гелиеносности территории УССР и усовершенствование поисков и разведки. Ми-во геологии УРСР. УкрНДГРІ. – Львов, 1966. – с. 211.

15. Мазур Н.Н., Миланич М.В., Данилина И.Д., Зубаль М.П. Промышленная оценка гелиеносности территории УССР. Ми-во геологии УРСР. УкрНДГРІ. – Львов, 1969 р. – с. 211.

16. Маслун, Н.В., Багрій, І. Д., Іванік, О. М., Зубаль, О. О., Супрун, І. С., Хевпа, З. З., & Земський, Д. В. (2023). Взаємозв'язок нафтидоводневого і соленосного накопичення з позиції технології структурно-термо-атмо-геолого-геохімічних досліджень. Мінеральні ресурси України, (4), 11-20. https://doi.org/10.31996/mru.2023.4.11-20

17. Махмудов А.Х., Якуцени В.П. Методы подсчета запасов гелия. Нефтегазовая геология и геофизика, № 10, 1965.

18. Пат. України №136386 на кор. модель, МПК E21F 5/00, 7/00, G01V 11/00. Спосіб оцінки прогнозу газових скупчень з воднем в надрах Землі/ Багрій І.Д., Кірющенко І.Г., Кузьменко С.О., Репкін О.О. (Україна). - № 201902962; 26.03.2019; опубл. 12.08.2019, бюл. № 15, 2019 р.

19. Про затвердження переліків корисних копалин та компонентів стратегічного та критичного значення і переліків ділянок надр (родовищ корисних копалин) стратегічного та (або) критичного значення: Постанова Каб. Міністрів України від 14. 07. 2025 № 845. URL: https://www.kmu.gov.ua/npas/-znachennia-i-perelikiv-dilianok-nadr-rodovyshch-korysnyhnoho-znachennia-i-845 (дата звернення: 01.08.2025)

20. Тихомиров В.В., Воронов А.Н. Закономерность образования и распространения гелия в недрах Земли и гелионасыщенность природных газов СССР в связи с их поисками и разведкой. Отчет ВНДГРІ. Ленинград, 1957. с.210.

21. Якуцени В.П. Исследование закономерностей распространения и образования залежей гелиеносных газов на территории СССР и методика их поисков. Отчет ВНДГРІ. Ленинград, 1962.

22. Якуцени В.П., Махмудов А.Х., Тихомиров В.В., Воронов А.Н. Условия существования залежей нефти, газа по данным об инертных газах / Тр. ВНИГРИ, вып.257, Л., 1968, 79 с.

23. Якуцени В.П., Петровская Н.В. (1965) Размещение зон регионального гелиенакопления на Земле // Сов. геология. № 1. С. 120-131.

24. Ясенев Б.П. (1962) Новые данные о прямых геохимических методах разведки нефтяных и газовых месторождений. Геология нефти и газа, № 12, с. 54-58.

УДК 622.012:336.766(477)

ВИХІД ГІРНИЧОДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ НА ФОНДОВІ РИНКИ ЯК ІНСТРУМЕНТ РОЗВИТКУ ВИДОБУВНОЇ ГАЛУЗІ ТА ЕКОНОМІКИ

Фролов Д.С., *denukrwood@gmail.com;*
ТОВ «Юридична компанія «КФН», Київ, Україна

Сучасний стан фондового ринку України демонструє невисоку активність та низькі темпи розвитку. Очевидно, стійкий та розвинений ринок капіталів відіграє важливу роль на шляху економічного піднесення будь-якої держави. Вітчизняні фондові біржі мають невисокі показники обсягів торгів та низьку волатильність курсів цінних паперів, що є наслідком несприятливої політики у сфері, обмеженого кола біржових активів, геополітичних ризиків та недостатньої активності інвесторів. За таких обставин вести мову про сталу практику функціонування гірничодобувних підприємств у даному контексті є недоцільним – саме тому розглядуване питання є актуальним у розрізі ймовірних перспектив.

THE ENTRY OF MINING ENTERPRISES TO THE STOCK MARKETS AS A TOOL FOR THE DEVELOPMENT OF THE MINING INDUSTRY AND ECONOMY

Frolov D., *denukrwood@gmail.com;*
Law firm "KFN" LLC, Kyiv, Ukraine

The current state of the Ukrainian stock market shows low activity and low rates of development. Obviously, a stable and developed capital market plays an important role in the path of economic growth of any state. Domestic stock exchanges have low trading volumes and low volatility of securities prices, which is a consequence of unfavorable policy in the field, a limited range of exchange assets, geopolitical risks and insufficient investor activity. Under such circumstances, it is inappropriate to talk about sustainable practices of the performance of mining enterprises in this context - that is why the issue under consideration is relevant in terms of probable prospects.

Вступ. Видобування корисних копалин є давнім промислом, його історія йде пліч-о-пліч із розвитком людства – людина мала справу з різноманітними мінералами з найдавніших часів. Із плином часу ця сфера діяльності не лише не втратила свого значення, але й набула нових масштабів. Одноосібне ремесло в минулому еволюціонувало у сучасну промислову галузь економіки із великими гірничо-металургійними підприємствами, здатними продукувати мільйони тон сировини й готового продукту. Використання великих обсягів матеріальних та фінансових цінностей вимагає забезпечення сфери підтримкою відповідного рівня. Використання підприємствами інструментарію фондових ринків хоча й має певні особливості, однак надає їм ряд переваг; основний перспективний здобуток – залучення додаткових ресурсів із подальшим економічним ростом компанії.

Виклад основного матеріалу. Мета – дослідити процес виходу гірничодобувних підприємств на фондові ринки, особливості та вплив події на економічний стан компаній та держави; методи – емпіричний (спостереження та порівняння), комплексний (аналіз і синтез), теоретичний (перехід від абстрактного до конкретного); результати – досліджено виокремлене питання, описано особливості; новизна дослідження – проаналізовано передумови, особливості й наслідки активізації процесу залучення додаткового капіталу гірничодобувними підприємствами шляхом виходу останніх на національний та міжнародні фондові ринки.

Геологічна структура Землі відзначається нерівномірним розподілом мінерально-сировинних ресурсів. Розвиток міждержавної торгівлі, а в подальшому – активізація процесів глобалізації, технологічного розвитку й посилення сталих міжнародних зв'язків уможливили перерозподіл надлишків корисних копалин із одного конкретного регіону в інші, які обмежені на природні ресурси й мають у них потребу. Узгоджений обмін подібного характеру призвів до виникнення транснаціональної торгівлі корисними копалинами. Доступ до глобальних капіталів уможливив процес залучення фінансових інструментів до гірничих компаній ще на початкових етапах їх функціонування, що створило можливість надати потенційні вигоди усім сторонам. Основним інструментом

такого процесу став фондовий ринок. Його розгляду передує окреслення загального стану гірничодобувної галузі.

Дослідження деяких представників наукової спільноти у сфері корисних копалин свідчать про пряму залежність сучасного стану видобувної промисловості від рівня розвитку тієї чи іншої країни – для високорозвинених країн характерна багатогалузевість і висока технологічність, тоді як найменш розвинені країни та країни, що розвиваються, переважно мають прості або, у деяких випадках, відсталі підприємства із застарілим чи неякісним устаткуванням, що забезпечує підтримання діяльності лише обмеженого кола видобувних підгалузей та сповільнює рух до впровадження механізмів переробки сировини [1, с. 24].

Хоча й орієнтиром держав-лідерів світового економічного розвитку є систематичне удосконалення технології переробки й виготовлення високотехнологічної продукції, останнім часом вони відмовляються від видобування корисних копалин, звертаючи якомога більше уваги на важливість збереження природного середовища та імпорт необхідних ресурсів. Однак, продовжуване збільшення доданої вартості сировини та подальший експорт виготовленої продукції забезпечує зростання не лише технологічного, але й соціально-економічного розриву, що, додатково стимулюючи трудову міграцію, тримає економіку розвинених країн у перших рядах [2, с. 65].

Наразі можна спостерігати зміщення видобутку і розробки родовищ корисних копалин від розвинених країн до країн, що розвиваються. Враховуючи неспівмірну вагу і відносне значення гірничодобувної галузі у розглядуваних типах країн, останні мають виправдані очікування економічного піднесення в результаті запуску і початкового капіталоємного підтримання добувних компаній та, надалі, у вигляді появи нових робочих місць та набуття соціальних і суспільних вигод. Країни «третього світу» спрямовують свою діяльність на розвиток сировинних галузей промисловості шляхом залучення капіталу від іноземних інвесторів. Великі обсяги видобутої сировини збільшать суму її продажу, однак, безумовно, зменшать її вартість на глобальних ринках [1, с. 26-27].

Перебуваючи на провідних позиціях світової економіки, галузь гірничодобувної промисловості вміщує в себе значні обсяги фінансового капіталу, що, з одного боку, дозволяє в значній мірі та на засадах сталості й систематичності задовольняти потреби людства, а з іншого, створює потребу у підтриманні належного рівня функціонування розглядуваної галузі витратами подібного обсягу. Історія містить різноманітні приклади залучення капіталу до економічних сфер, проте теперішні обставини та сучасні тенденції державних і глобальних механізмів актуалізують питання фондового ринку для гірничодобувних підприємств.

Фондовий ринок є вагомою складовою відносин господарювання в кожній розвинутій країні і важливим компонентом її економічного зростання. Ця динамічна система має властивість під впливом ряду політичних, економічних, суспільних та багатьох інших чинників постійно змінюватися, що вимагає постійного її аналізу. Фондовий ринок України в сучасному прояві вміщує в себе 2 біржі – ПФТС (Перша Фондова Торгова Система) та «Перспектива», переважним об’єктом торгівлі яких є боргові інструменти. Хоча недержавні компанії мають приклади емітованих цінних паперів, державні облігації займають левову частку структури торгів, що значно переважає обсяги фінансових інструментів підприємств на ринку. Події геополітичного характеру початку 2022 року значно погіршили самі по собі невисокі показники українських бірж: порівняно низьку активність замінило кількамісячне призупинення торгів, непримітні обсяги IPO замістила недоцільність його проведення – емітенти, що виконали первинну публічну пропозицію на іноземних майданчиках та паралельно довели свою прозорість та надійність, з огляду на геополітичну ситуацію й низький кредитний рейтинг України як один з основних критеріїв оцінки компанії, також отримали низький кредитний рейтинг. Пожвавлення сектору сприяє збільшенню активності та можливостей його учасників, проте воно єдине навряд чи здатне

змінити загальне становище фондового ринку України, просунувши його суб'єктів на співмірний із найбільшими фондовими біржами світу рівень [3, с. 2-3].

Досліджуючи перспективи компаній саме гірничодобувної галузі в описуваному секторі, аналіз матеріально-сировинної бази є важливим підґрунтям для довгострокового планування та вірогідних здобутків. Так, серед європейських держав Україна займає перше місце за кількістю і якістю родовищ корисних копалин – частка держави у світовому видобутку копалин становить близько 5% (займаючи 0,4% суходолу всієї планети). Нинішній стан гірничодобувної промисловості держави не можна вважати високим, він потребує безпечного стратегічного розвитку. У минулому виробнича діяльність видобувних підприємств України зазнала спаду внаслідок переходу до ринкових відносин від планових методів управління виробництвом, коли матеріально-технічне постачання було централізованим, а підтримка й розвиток гірничодобувного виробництва відбувалися з державних фондів [1, с. 28].

Наразі держава потенційно має практичну здатність якісно реалізовувати власні поклади корисних копалин, однак важливою складовою такого задуму, окрім послідовного, змістовного та розсудливого підходу, є наявність доступу до значних обсягів капіталу. Дефіцит доступних фінансових ресурсів негативно впливає на конкурентоспроможність вітчизняної сировини на світових ринках через наявні труднощі у збільшенні її доданої вартості, що негативним чином позначається на трудовій міграції та збільшує технологічне відставання [2, с. 65].

Найбільш актуальним і раціональним шляхом економічного піднесення видобувних компаній є забезпечення стабільного й сталого виходу гірничодобувних підприємств на національний та міжнародні фондові ринки. Це сприяє не лише появі значних перспектив розвитку компанії, але й закономірному позитивному ефекту на економічний стан усієї держави. Як правило, початковим етапом доступу до капіталів світу виокремлюють залучення підприємств на фондові біржі національного рівня, а лише потім – міжнародного. Наміри гірничодобувних компаній до лістингу на міжнародних фондових ринках обґрунтовуються такими чинниками, як-от: виникнення перспектив збільшення капіталізації підприємств після їх розміщення на біржових майданчиках, реальна можливість припливу інвестиційного капіталу (дозволяє реалізовувати наявні або нові проекти без втрати контролю над компанією), посилення іміджу й престижу підприємства із закономірним зниженням кредитних ставок та загальним спрощенням процедури кредитування, поява можливості розміщення зобов'язань на міжнародних фінансових ринках [4, с. 4-5].

Основним способом розміщення гірничодобувними компаніями власних акцій на різних фондових біржах вважається проведення процедури IPO (Initial Public Offering – первинна публічна пропозиція). Кожний лістинг цінних паперів на біржах є індивідуальним, однак існують загальні особливості такої процедури, вміщені в 4 етапи:

1. Підготовчий етап (3-4 місяці) – ініціювання процесу, належне виконання попередніх заходів, передмаркетингові дії, визначення консультативної команди.
2. Проведення IPO (2-3 тижні) – демонстрація дорожньої карти, активний маркетинг, аналіз книги замовлень й ціноутворення.
3. Розрахунки (3 дні) – завершення IPO, лістинг цінних паперів, проведення розрахунків.
4. Подальші заходи (30 днів) – стабілізація біржової діяльності, забезпечення зобов'язань, початок періоду блокування зобов'язань [5, с. 5].

Останніми роками переважна більшість IPO гірничодобувних компаній припадало на Лондонську (LSE), Торонтську (TSX), Австралійську (ASX) та Гонконгську (HKSE) фондові біржі. Хоча історично Лондонська та Нью-Йоркська фондові біржі були основними платформами цінних паперів великих гірничодобувних компаній, теперішнє становище фондових ринків демонструє, з одного боку, відносне зниження популярності ринків США як місця для транскордонного лістингу, а з іншого – зростання ринків капіталу Азії. До

того ж, біржі Лондона й Торонто ознаменувалися появою вторинних майданчиків – AIM та TSXV відповідно, які сприяють підтримці малих зростаючих компаній, що також прагнуть отримати доступ до ринку. Поряд із цим, наразі поширений подвійний або навіть потрійний лістинг суб'єктів видобування корисних копалин, що сприяє більш повному доєднанню підприємств у глобальні ринки [6, с. 4].

Повноцінне залучення компанії до глобальних капіталів передбачає емісію її цінних паперів на фондові ринки. Для цього гірничодобувне підприємство виконує ряд процедурних і підготовчих дій, що уможливлюють старт процесу IPO. Загальні вимоги, необхідні для його проведення містять такі компоненти:

– підготування публічного звіту експерта з корисних копалин про мінеральні ресурси і запаси (Public Report, Technical Report) – наприклад, у Торонто стандарт NI43-101 є єдиним і найбільш суворим, а в Лондоні й Гонконзі емітенти мають право вибору;

– надання фінансової звітності, яку компанія готує відповідно до одного з визнаних міжнародних стандартів (МСФО, US GGAP, інші) – містить перевірену аудиторами річну фінансову звітність, а також переглянуту фінансову звітність за інший період (зазвичай – півроку, для біржі Торонто – квартал); TSXV та AIM мають менш суворі вимоги, а HKSE – більші (зокрема, контролю підлягають операції з пов'язаними сторонами);

– надання висновків незалежного фінансового аудиту щодо комплексної експертизи (Due Diligence) виробничої діяльності компанії, що включає перевірену аудитором історію діяльності, зазвичай протягом 3-річного періоду – так, LSE та HKSE потребують надання новим емітентом декларації про адекватність своїх процедур фінансової звітності (перевірка бухгалтерського обліку є достатнім підтвердженням);

– наявність упорядкованої і прозорої юридичної структури компанії, урахування податкових аспектів, а також екологічних, охоронних та безпекових ризиків;

– підготування інвестиційного меморандуму (проспекту емісії), що розкриває інформацію про емітента;

також можливі додаткові вимоги, серед яких:

– надання попередньої оцінки оборотного капіталу, грошових коштів або прибутку на майбутні 12-18 місяців, наприклад – Гонконзька біржа має вимогу покриття оборотним капіталом щонайменше 125% потреб у наступні 12 місяців, в той час як вимоги Торонтської біржі є найменш обтяжливими (серед розглядуваних);

– проходження порогів фінансової прийнятності – вимоги, передбачені для прибутку, активів, ринкової капіталізації, слідів руху грошових коштів компанії тощо;

– здійснення розподілу акціонерів – вимога наявності мінімальної кількості акціонерів (зазвичай 200-500);

– необхідність реєстрації в затвердженій юрисдикції (вимога має місце лише для частини бірж, зокрема Гонконзької) – це обумовлено наміром регуляторних органів та інституційних інвесторів мати засоби захисту акціонерів, що враховують місцеве регуляторне середовище країни реєстрації [6, с. 8].

Крім того, для суб'єктів, які вже є учасниками ринку, існують деякі преференції, як, наприклад, спрощений процесом подання заявки на IPO на AIM у разі проведеного лістингу на Австралійській чи Торонтській біржі, наявність розгалуженої (дворівневої) системи для кожного ринку із відповідними правилами для гірничодобувних компаній різних стадій їхнього розвитку тощо. Загалом, більш вимогливими можна вважати Лондонську і Гонконзьку біржі; поряд із цим Торонтська й Австралійська біржі мають перевагу у вартості та швидкості процесу лістингу, що посилює їхні позиції [6, с. 9].

Розглядаючи порядок дій вітчизняних гірничодобувних компаній для їх повноцінного виходу на світові фондові ринки, варто виокремити 2 основні етапи.

По-перше, треба виконати попередньо узгоджені з міжнародною моделлю вимоги національного законодавства. Мабуть, найголовнішим та найбільш тривалим і ґрунтовним явищем є наявність якісного публічного звіту експерта з корисних копалин про мінеральні ресурси і запаси, який значиться основним показником для видобувних підприємств.

Найуживанішою в світі є система класифікації CRIRSCO. В Україні функціонують 3 класифікації паралельно – класифікація державного фонду надр (ґрунтується на РК ООН і використовується для геолого-економічної оцінки родовищ корисних копалин і відповідної державної експертизи запасів і ресурсів), класифікація шаблону CRIRSCO (використовується в ході написання публічних звітів за міжнародними кодексами для лістингу на біржах і залучення приватного іноземного капіталу) та класифікація ДКЗ СРСР (використовується для ведення державного балансу корисних копалин і дотепер). Таким чином, виконати публічний звіт за міжнародним взірцем можна двома способами: або здійснити оцінку ресурсів за міжнародним стандартом одразу (якісно, витратно і тривало), або зробити перекваліфікацію підрахунку запасів класифікації часів СРСР (менш якісно, але прийнятно). За наявності цього компонента, виконаного за міжнародно визнаними стандартами, гірничодобувне підприємство розпочинає реалізовувати інші вимоги, зокрема: вихід на вітчизняний фондовий ринок як необхідна умова доступу до іноземних, підготування проспекту емісії, фінансової звітності, аудитів, узгодження проблемних питань тощо – левова частка цього за своєю суттю є стандартним для більшості суб'єктів господарювання [4, с. 4-6].

По-друге, треба визначити конкретну фондову біржу, залежно від регіону розташування (виходячи з товарної та регіональної спрямованості), оцінити потенційні ризики (зацікавленість інвесторів, обсяги ліквідності, перспективи масштабування), а також в повній мірі дослідити актуальні вимоги конкретної бажаної іноземної біржі на момент здійснення підготовчих заходів. Поряд із цим, не слід втрачати з поля зору важливі деталі, які біржі вимагають від гірничодобувних компаній, зокрема – надавати в проспекті емісії передбачений технічний звіт, описи планів розвідки, розробки та видобутку, операції із зацікавленими особами чи державними органами, інформація про будь-які права третіх сторін або юридичні претензії, екологічні та соціальні питання [5, с. 16].

Останнім часом важливим показником для гірничодобувних підприємств є комплексна оцінка ESG (environmental, social, governance – оцінка екологічного, соціального, управлінського спрямування). Дослідження деяких авторів демонструють кореляцію між даним показником та рівнем прибутковості підприємства, залежну від їхнього розміру. Так, новостворені малі видобувні компанії покладають на інвесторів очікування їх стрімкого та швидкого росту, в той час як великі підприємства зазвичай демонструють незначний, але стабільний і довготривалий ріст. Поряд із цим, сучасні тенденції цивілізації зосереджують орієнтацію підприємств світу на концепцію сталого розвитку, яка сприяє концентруванню зусиль на поступову й планову діяльність. Відносно злагоджений рух у бік цієї концепції обумовлений характерними заходами впровадженого державного регулювання та поширенням преференцій для сумлінних до дотримання концепції компаній. Що ж до показника ESG, то емпіричні результати наукових досліджень демонструють позитивну кореляцію між оцінкою ESG основних гірничодобувних компаній, які функціонують на фондовому ринку США, та їх прибутковістю. Так, компанії з низькими показниками ESG можуть розглядатися як більш ризикові через потенційні регуляторні, юридичні, репутаційні або фінансові ризики, у той час як компанії з кращими показниками ESG можуть мати конкурентну перевагу з точки зору очікуваної прибутковості. Однак існує й певна особливість – показники ESG впливають на прибутковість компаній, залежно від їхнього розміру: прибутковість менших гірничодобувних підприємств зростає з погіршення показника ESG, коли більші конкуренти із покращенням показників збільшують прибутки. Враховуючи наведене, позитивну динаміку прибутковості для малих компаній із низьким показником ESG можна обґрунтувати тимчасовим її проявом та/або наявністю значного ризику для життєздатності таких суб'єктів, а тому й нівелювати позитивний характер низької оцінки ESG. Тобто, з огляду на те, що переважна частина гірничодобувних підприємств, сфокусованих на відповідальне ведення діяльності узгоджують характер своєї діяльності як із визнаними нормативними актами та концепцією сталого розвитку, так і з показниками ESG,

дотримання цих стандартів має позитивний вплив на оцінку гірничодобувних компаній під час підготовки до IPO та на тривале їх функціонування на глобальних фондових ринках [7, с. 5].

Таким чином, враховуючи усі згадані вимоги та деякі особливості, гірничодобувні підприємства України мають реальну можливість бути долученими до міжнародних фондових ринків та, відповідно, глобальних капіталів, хоча й без умов «найбільшого сприяння». Наразі дедалі більше фондових бірж світу сприяють поширенню підприємств зі сфери гірничодобувної промисловості на їх майданчиках; дедалі більше зацікавлених компаній шукають якомога сприятливіші умови лістингу, більш делікатне регуляторне середовище, враховують розташування галузевих конкурентів. Вимоги біржі й регулятора цінних паперів залежать від юрисдикції їх діяльності та спеціалізації видобувного підприємства (наприклад, нафтогазові компанії мають більш жорсткі вимоги). Тобто, сучасні тенденції на ринках капіталу полягають в орієнтації на ефективність, екологічність, та індивідуалістичні чинники, що, зокрема, є складовою й оцінки ESG [5, с. 17].

Висновки. Дефіцит доступних фінансових ресурсів у поєднанні з низькою інноваційною активністю значно гальмують реалізацію потенційних можливостей гірничодобувних підприємств в Україні. Позитивні ефекти можуть формуватися лише завдяки ринковим силам, а не самі по собі. Продукування сировини із низьким рівнем доданої вартості має не лише повільний ефект для національної економіки, але й значно посилює негативний технологічний відрив від інших країн та спричиняє відтік робітничого сегменту. Розвиток гірничодобувної промисловості вимагає сприятливих бізнес-умов – збільшення ефективності виробництва, залучення програм технічної підтримки, функціонування надійної транспортної та енергетичної інфраструктури, наявність кваліфікованого людського капіталу, відкриття або поширення доступу до фінансових ресурсів [1, с. 29].

Задля належного забезпечення вказаних умов, доцільно розпочати із залучення фінансового капіталу – інструмента, у даному контексті здатного позитивно вплинути спочатку на реалізацію всіх цих умов, а далі й на загальний розвиток індустрії в цілому. Процес IPO є надійним способом піднесення розглядуваної сфери – отримавши доступ до міжнародних фондових ринків, основних світових фінансових центрів і капіталів компанія збільшує власний економічний стан і ефективність, покращує імідж і відкриває шлях до появи інвестицій. Це все сприяє економічному росту не лише гірничодобувного підприємства чи галузі корисних копалин, але й впливає на стан держави в цілому.

Список використаних джерел:

1. Рудько Г.І. Роль гірничодобувної промисловості в економіці світу та України // Мінеральні ресурси України. – 2019. – № 4. – С. 23-29. Режим доступу: https://mru-journal.com.ua/index.php/mru/article/download/46/39
2. Штангрет А. М. Гірничодобувна галузь: інформаційне підґрунтя для зміни державного регулювання / А. М. Штангрет, В. В. Шляхетко, Х. О. Мандзіновська // Держава та регіони. Серія: Економіка та підприємництво. – 2022. – № 1 (124). – С. 61-66. Режим доступу: http://www.econom.stateandregions.zp.ua/journal/2022/1_2022/12.pdf
3. Голюк В. Я. Сучасний стан фондового ринку України та перспективи його розвитку / В. Я. Голюк, В. З. Кузьмінський, О. Г. Чумаченко // Економіка та суспільство. – Фінанси, банківська справа та страхування. – Випуск № 64. – 2024. Режим доступу: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/4323/4249
4. Баряцька Н. В. Чи готові українські надрокористувачі розмовляти “однією мовою” з міжнародними інвесторами? // Мінеральні ресурси України. – 2021. – № 1. – С. 4-7. Режим доступу: https://core.ac.uk/download/pdf/464903997.pdf
5. Baker McKenzie. Guide to IPOs for Mining Companies / Baker & McKenzie International // Transactional powerhouse. – 2023. Режим доступу:

https://www.bakermckenzie.com/-/media/files/insight/guides/2023/baker-mckenzie-guide-to-ipos-for-mining-companies.pdf

6. PWC. Executing a successful listing Markets for miners / Clifford Tompsett, Tim Goldsmith // Markets for miners. – May 2013. Second edition. Режим доступу: https://www.pwc.com/mn/en/capital-markets/assets/mn_executing_a_successful_listing_mining_eng.pdf

7. Yaxuan Jin. The Influence of ESG Performance of Companies on Stock Excess Returns: A Case Study of Mining Companies in the U.S. Stock Market // International Conference on Renewable Energy and Ecosystem (ICREE 2023). E3S Web of Conferences. – Population, Resources and Environmental Economics. – Volume 424. Article 04009. – 2023. Режим доступу: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2023/61/e3sconf_icree2023_04009/e3sconf_icree2023_04009.html

УДК 552.578.3.061(477.8+478)

РОДОВИЩА ЗАХІДНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я УКРАЇНИ: НАФТОВІ ЧИ НАФТОВО-БІТУМНІ?

Лазарук Я., *д. геол. н., гол. наук. співр., lazarukjaroslav@gmail.com,*
Гузарська Л., *lubaguzarska@gmail.com,*
Гарасим С., *Svitlanag86@gmail.com,*
Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, м. Львів, Україна

У хемогенно-карбонатній товщі середнього і верхнього девону Білоліського блока Придобрудзького прогину встановлені Східносаратське, Жовтоярське, Сариярське, Білоліське нафтові скупчення. Поклади приурочені до вапняків і доломітів з вторинними тріщинно-кавернозно-поровими колекторами з низькою проникністю. За результатами випробування двох десятків свердловин отримували фільтрат бурового розчину з невеликою кількістю нафти з розрахунковими дебітами у декілька тон на добу. Припливи нафти до свердловин швидко припинялися. За даними петрографічного вивчення шліфів встановлено, що найбільші за розміром пустоти порід-колекторів заповнені нерухомим бітумом. У менших порожнинах міститься нафта. Бітуми заповнюють магістральні канали і блокують зв'язок між порожнинами породи. Розглянуті варіанти вилучення нафти і бітуму з низькопроникних колекторів.

DEPOSITS OF THE WESTERN BLACK SEA REGION OF UKRAINE: OIL OR OIL AND BITUMEN?

Lazaruk Ya., *Dr. Sci. (Geol.), Chief Researcher, lazarukjaroslav@gmail.com,*
Huzarska L., *lubaguzarska@gmail.com,*
Harasym S., *Svitlanag86@gmail.com,*
Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine

The Skhidnosaratske, Zhovtoyarske, Sariyarske, and Biloliske oil accumulations have been identified in the chemogenic carbonate stratum of the Middle and Upper Devonian of the Biloliskyi block of the Prydobrudzkyi foredeep. The deposits are confined to limestones and dolomites with secondary fractured-cavernous-pore reservoirs with low permeability. As a result of testing two dozen wells, drilling mud filtrate with a small amount of oil has been obtained with estimated flow rates of several tonnes per day. Oil inflows to the wells have quickly ceased. According to petrographic studies of thin sections, it has been established that the largest voids in the reservoir rocks are filled with immobile bitumen, and smaller cavities contain oil. Bitumen fills the main channels and blocks the interconnection between rock cavities. Options for extracting oil and bitumen from low-permeability reservoirs have been considered.

Вступ. Об'єкт досліджень розташований в одеському Причорномор'ї. Він входить до складу Придобрудзького крайового прогину під назвою Білоліського блока. В межах блока пробурені два десятки свердловин глибиною від 2650 м до 4500 м. За результатами їх випробування встановлені численні нафтові і газові проявлення з утворень девону. Нафтові і газові скупчення пов'язані з низькопроникною сульфатно-карбонатною товщею. Вуглеводневі скупчення виявлені на Східносаратському, Ярославському, Розівському, Жовтоярському, Сариярському, Білоліському, Зарічнянському підняттях. За результатами геолого-економічних оцінок у 1983 р. до Державного балансу корисних копалин вперше занесені запаси вуглеводнів Східносаратського родовища, у 1989 р. – Жовтоярського родовища. У 2025 р. до цього списку долучені запаси Сариярської та Білоліської структур. Однак кількість вуглеводнів Східносаратського і Жовтоярського родовищ переоцінювалися декілька разів у бік зменшення запасів і їхньої категорійності внаслідок того, що, незважаючи на застосування різноманітних методів інтенсифікації, отримати стабільних припливів вуглеводнів із свердловин та розпочати дослідно-промислову розробку родовищ не вдалося.

Метою публікації є вияснення причин незначних дебітів вуглеводнів і пошуку можливих шляхів інтенсифікації припливів нафти і газу.

Методика досліджень полягала у вивченні петрографічним та літологічним методами особливостей насичення хемогенно-карбонатних порід-колекторів вуглеводнями та їх ув'язкою з результатами випробування пластів.

Матеріали досліджень базуються на інформації про геологію і нафтогазоносність Білоліського блока, викладеній в наукових публікаціях [Лазарук, 2021, Лазарук та ін., 2023, Гнідець та ін., 2003, Трохименко, 2013], в матеріалах звітів з геолого-економічної оцінки Східносаратського [Лазарук та ін., 2017, а] і Жовтоярського [Лазарук та ін., 2017, б] родовищ та результатах сейсморозвідувальних робіт [Сергій та ін., 2014].

Результати досліджень.

У межах Білоліського блока вуглеводневі скупчення встановлені на глибинах 2500-3200 м у відкладах верхнього і середнього девону. Під час буріння свердловин спостерігалися поглинання бурового розчину та численні нафто- і газопроявлення. Для всіх свердловин результати випробування були приблизно однаковими: з карбонатних порід височувався фільтрат бурового розчину з невеликою кількістю нафти, розрахункові дебіти якої за підняттям рівня у свердловинах оцінювалися переважно у декілька тон на добу. Із свердловини 3 Східносаратська, пробуреної в зоні тектонічного порушення, з відкладів верхнього девону отримали короткочасний приплив нафти дебітом близько десяти тон за добу. Дебіти нафти з інших свердловин Білоліського блока оцінені в межах 0,5-5,6 м^3/добу. З ейфельських відкладів із свердловин 1 Жовтоярська та 1 Сариярська отримали короткочасні газові фонтани з розрахунковим дебітом близько 250 тис. м^3/добу. В експлуатаційних колонах інтенсивність припливів нафти зменшувалася в 3-5 разів, газу – приблизно у 25 разів. Підйом рівня нафти у свердловинах швидко припинявся, гідродинамічний зв'язок свердловин з продуктивними пластами втрачався.

З відкладів девону Білоліського блока вибурено понад півтори тисячі метрів керна, що дало змогу детально вивчити особливості літологічного складу, структуру пустотного простору, фізичні властивості порід-колекторів та вияснити особливості заповнення пустот пластовими флюїдами. Породами-колекторами у відкладах середнього і верхнього девону в основному є перекристалізовані органогенно-детритусові і хемогенні вапняки. Особливості їхнього формування, просторового розподілу та постседиментаційних перетворень достатньо повно висвітлені в літературі [Гнідець та ін., 2003]. Органогенні вапняки майже повністю втратили свою початкову седиментаційну структуру. В основному вони складені кальцитом з домішками доломітів і ангідритів. Порода нерівномірно розкристалізована: від пелітоморфної до середньокристалічної. Значну частку в об'ємі порід-колекторів девону займають доломіти, в основному вторинного генезису. Доломіти кристалічні, пелітоморфні, з масивною текстурою, місцями глинисті.

На формування пустотного простору порід-колекторів суттєво вплинула тріщинуватість. Вона зумовлена тангенціальними напругами внаслідок насування осадового чохла з боку орогену Північної Добруджі на край зовнішнього схилу Східноєвропейської платформи. Зазвичай густіша система тріщин розвинута у вапняках з більшим вмістом кальциту, а також в доломітизованих вапняках. Тектонічні тріщини утворюють різноорієнтовані системи декількох генерацій. Їхня ширина становить переважно 1-3 мм, подекуди до 1-2 см, довжина – від декількох до десяти сантиметрів. Зазвичай тектонічні тріщини заповнені кальцитом. Літогенетичні тріщини утворилася в процесі доломітизації вапняків. Вони розташовані в породі хаотично, що надає їй вигляд брекчії. Довжина літогенетичних тріщин не перевищує 1 мм, ширина коливається від 0,02 мм до 0,04 мм. По тріщинах циркулювали пластові води, вилуговуючи їхні стінки і утворюючи каверни розміром від 0,05 мм до 0,5 мм. За типом пустотного простору хемогенно-карбонатні колектори тріщинно-порово-кавернозні.

За даними лабораторних досліджень 1250 взірців порід-колекторів більше половини з них мають відкриту пористість до 3%, понад чверть – від 3% до 5% і приблизно шоста частина має пористість 5-8%. Найбільшою пористістю володіють доломіти, ангідрити та доломітизовані вапняки. Близько 60% взірців виявилися непроникними – менше 0,01·мД, решта мають проникність 0,01-0,02·мД і тільки в поодиноких випадках у сильно розтрісканих породах проникність зростає до 0,05-0,1·мД.

Складна будова пустотного простору порід-колекторів суттєво вплинула на характер їхнього насичення пластовими флюїдами. Нерівномірне поширення в низькопористих породах пор, каверн і тріщин різного розміру зумовило селективне насичення порід-колекторів пластовими флюїдами. Зазвичай пустоти заповнені вуглеводневими сполуками. В зонах інтенсивної тріщинуватості порода повністю насичена вуглеводнями. Однак ніхто з дослідників досі не звернув уваги на фазовий розподіл і співвідношення рухомих і нерухомих вуглеводнів у породі, а саме: найбільші за розміром каверни, пори, тріщини заповнені бітумом, а в менших порожнинах міститься нафта. У шліфах бітуми мають чорний колір, нафта – коричневий та світло-коричневий. За результатами люмінісцентно-крапельного аналізу в матриці порід встановлені бітуми масляного, середнього і смолисто-асфальтенового рядів. Нерухомі бітуми займають магістральні канали і блокують зв'язок між порожнинами породи, заповненими мобільною нафтою. У цьому і полягає основна причина відсутності промислових припливів вуглеводнів. Після розкриття продуктивних пластів зі стінок свердловини у буровий розчин височується невелика кількість нафти, після чого її приплив припиняється через відсутність зв'язку з пластом-колектором. Кількість нафти, яка спливала на поверхню бурового розчину під час випробування свердловини, перераховувалася в тони на добу. Проте ці дані не можна вважати об'єктивними, оскільки стабільного припливу флюїду отримати ні в одній свердловині не вдалося.

Причиною відсутності промислових припливів вуглеводнів також можуть бути кольматація низькопроникного карбонатного колектора внаслідок негативного впливу неправильно підібраного складу бурового розчину, помилок у технології буріння свердловин, цементування обсадних колон та розкриття нафтонасичених пластів [Трохименко, 2013]. Найбільш схильними до кольматації є розкриті тріщини. Орім того, на думку Г. Трохименка, під час буріння тріщинуваті пласти поглинають велику кількість фільтрату бурового розчину. Він вступає у взаємодію з ангідритами з утворенням нерозчинних відкладів – гіпсу та інших сполук. Це призводить до утворення непроникного екрану у присвердловинній зоні пласта.

Ще однією ймовірною причиною повільної фільтрації нафти до свердловин є її висока в'язкість, зумовлена фізико-хімічними властивостями. Густина нафт коливається в межах 0,82-0,94 г/см^3. В них є асфальтени у кількості до 6,4 %, силікагелеві смоли – 1,5-12,0 %, а також парафіни у кількості 0,2-14,3 %. Динамічна в'язкість нафт за температури 50℃ змінюється від 6,1 мкм^2/с до 101,3 мкм^2/с, в основному 10-14 мкм^2/с. Температура застигання нафт коливається від -15℃ до +25 ℃, в середньому +5 ℃. Зразки нафти, відібрані у жовтні в другій половині дня із свердловини 3 Східносаратська, до ранку застигали за температури оточуючого середовища +10℃.

Незначні припливи нафти до свердловин зумовлені і невисоким енергетичним потенціалом нафтових покладів внаслідок їхньої суттєвої дегазації. Аналіз єдиної кондиційної глибинної проби пластової нафти, відібраної із свердловини 3 Східносаратська, показав її низький газовміст – 29 м^3 на одну тону нафти. Для розчиненого в нафті газу характерний підвищений вміст важких вуглеводнів.

Відсутність гідродинамічного зв'язку нафтових покладів з природними водонапірними системами теж є причиною незначних припливів пластових флюїдів до свердловин. Відклади девону характеризуються низькою гідродинамічною активністю: дебіти води за методом відновлення рівня не перевищували 2,7 м^3/добу, зазвичай 0,5-1,0 м^3/добу.

Для інтенсифікації припливів пластових флюїдів до свердловин застосовувалися різні методи: солянокислотні, термосолянокислотні та азотні обробки привибійної зони, розкриття пласта на буровому розчині з нафтовою основою, вплив на привибійну зону пласта лугом, розчинником асфальтових, смолистих, парафінових сполук, поверхнево-активними реагентами, ультразвуковим генератором та гідродинамічними імпульсами, однак стабілізувати роботу свердловин і добитися промислових припливів нафти так і не вдалося.

У 1997 р. канадською компанією Odessa Petroleum Corporation прогнозні ресурси нафти Білоліського блока оцінювалися у 135 млн т. За власними підрахунками надрокористувача НПК «Укрнафтінвест» на 2000 р. розвідані запаси нафти Білоліського блока склали 44 млн т нафти і 15 млн $м^3$ газу. За матеріалами, підготовленими автором, у 2013 р аудиторською компанією DeGolyer and MacNaughton на території Східносаратської, Жовтоярської, Сариярської структур оцінені запаси нафти в кількості 177 тис. т і газу – 9,5 млн $м^3$. У 2017 р. групою фахівців під керівництвом автора здійснено геолого-економічну оцінку Східносаратського і Жовтоярського родовищ. Розвідані запаси нафти визначені в кількості 380 тис. т і газу - 10 млн $м^3$. Ці запаси числяться у Державному балансі корисних копалин України. У 2025 р. за результатами геолого-економічної оцінки ПП «Геобурпроєкт» розвідані запаси нафти Жовтоярської, Сариярської та Білоліської структур оцінені у 10 тис. т, газу – 17 млн $м^3$. Таким чином у міру згасання надії на отримання промислових припливів вуглеводнів зменшувалися і їхні запаси. Суттєві розбіжності в результатах оцінки нафтогазового потенціалу території досліджень пов'язана з різними уявленнями авторів про будову природних резервуарів і характер їхнього насичення вуглеводнями. Сьогодні можемо констатувати складну просторову будову ізольованих чи об'єднаних у системи природних вуглеводневих резервуарів. Вони пов'язані з тріщинувато-порово-кавернозними пластами глинистих вапняків і ангідритів переважно субгоризонтального залягання, а також ізометричними об'ємами аномальної тріщинуватості різних форм, орієнтації та природи.

Зауважу, що ні однією свердловиною не зафіксовано нафто-водяних контактів; усі вони прийняті умовно по нижній границі встановленої продуктивності. У більшості випадків із свердловин отримані непромислові припливи нафти і тільки з декількох – води. За даними лабораторних досліджень ці води не пластові, а технічні, ймовірно – суміші пластових і технічних вод. Густина вод зазвичай не перевищує 1,01 г/$см^3$ і лише в декількох випадках – до 1,05 г/$см^3$. В них у значній кількості присутні продукти соляно-кислої обробки. Загальна мінералізація отриманих вод коливається зазвичай в межах 10-20 г/л, в поодиноких випадках – до 77 г/л. Це не характерно для вод карбонатних колекторів. У карбонатному комплексі девону сусідньої Республіки Молдова мінералізація вод суттєво більша – 180-195 г/л, а у продуктивному одновіковому комплексі Дніпровсько-Донецької та Прип'ятської западин мінералізація вод складає 250-350 г/л.

Крім глибоких свердловин у межах Білоліського блока відклади девону розкрили близько двадцяти структурних свердловин. У кернах багатьох з них виявлена нафта. Цікаво, що нафтопроявлення під час буріння і насиченість керна нафтою зафіксовані у свердловинах, пробурених і поза межами локальних піднять. Це, наприклад, свердловини 397 і 385 Західнопричорноморська на західній периклінали Лиманського підняття в інтервалах глибин відповідно 1406-1420 м (D_3) і 1172-1189 м, 1192-1200 м (D_2). За результатами петрографічного вивчення шліфів бітуми в породах девону зустрінуті майже в усіх свердловинах, незалежно від їхнього розміщення на структурному плані. Виняток становить лише найглибша параметрична свердловина 2 Тузлівська, пробурена в західній центрикліналі Тузлівського прогину. Можливо, через недостовірність комплексу геофізичних і геохімічних досліджень нафтогазопроявлень у ній не зафіксовано.

Викладене наводить на думку про загальне насичення всього розрізу девону вуглеводневими флюїдами. За матеріалами геофізичного дослідження свердловин лише невелику частину розрізу займають водонасичені пласти. Приблизно п'ята частина розрізу середнього і верхнього девону (400 м) складена нафтонасиченими породами-колекторами. Якщо використати середні параметри відомих нафтових покладів: коефіцієнт пористості 0,07, коефіцієнт нафтонасичення 0,75, перерахунковий коефіцієнт 0,95, густину нафти 0,86 т/$м^3$, то ресурси вуглеводнів Білоліського блока сягатимуть 20 млрд тон. Це може бути одне з найбільших скупчень вуглеводнів Європи. Переважну частку в ньому займають нерухомі бітуми, однак частина корисної ємності колекторів зайнята нафтою. Для

порівняння: загальні запаси нафти Північного шельфу Західної Європи (Північне море) оцінюються в 3,5 млрд тон.

Однак високов'язкі нафти і природні бітуми родовищ одеського Причорномор'я неможливо видобути на природних режимах покладів. Термобаричні умови розрізу не забезпечують необхідну мобільність нафти під час фільтрації до свердловин. Застосування таких агентів витіснення як холодна вода, повітря, азот, вуглеводневий газ не дає бажаного ефекту. Через великі співвідношення в'язкості нафт чи бітумів і витісняючого агента останній швидко прориватиметься до свердловин. Зменшити в'язкість пластових флюїдів можна тепловими і термохімічними методами [Бурже, 1988].

При застосуванні теплових методів впливу як теплоносій в пласт переважно закачується водяна пара, оскільки вона володіє більшою ентальпією порівняно з гарячою водою. Метод рекомендується для розробки покладів з в'язкістю нафт понад 40-50 мПа·с. Він рекомендується в поєднанні з заводненням, при якому нагнітанням пари в пласт створюється високотемпературна облямівка в об'ємі 20-30 % від загального об'єму порового простору покладу. Облямівка переміщується водою, яка закачується в пласт. Ефект досягається внаслідок зниження в'язкості нафти, її дистиляції в паровій зоні, гідрофілізації колектора внаслідок розплавлення і видалення зі стінок пор смол і асфальтенів. Коефіцієнт вилучення нафти може досягти 0,4-0,6. Але глибина залягання пласта обмежується приблизно 1000 м з метою уникнення надмірно високих втрат тепла в породі через стовбури нагнітальних свердловин. Рекомендована нафтонасичена товщина пласта складає 10-40 м. При меншій товщині різко зростають втрати тепла в перекриваючих і підстеляючих породах. Умовою для застосування методу є пористість понад 20 % і проникність більше 0,5 мкм^2. Слід враховувати і можливість розбухання глин в пласті, що призведе до зменшення розмірів пор породи і зниження її проникності. Тому доцільно вибирати об'єкти, складені мономінеральними (кварцовими) пісковиками з коефіцієнтом глинистості не більше 10 %. Застосування методу закачування пари ефективне за умови відстані між свердловинами не більше 200-300 м.

Термохімічні методи ґрунтуються на внутрішньопластовому горінні нафти з повітрям, яке нагнітається в пласт. Розрізняють прямоточне сухе горіння, при якому нафта підпалюється на вибої нагнітальної свердловини і далі зона горіння переміщується повітрям до видобувних свердловин, і ефективніше прямоточне вологе горіння, при якому в пласт нагнітаються повітря і вода в певних співвідношеннях. Враховуючи необхідність застосування компресорів високого тиску для нагнітання повітря метод має обмеження по глибині до 1500-2000 м. Він може бути рекомендований для нафт і бітумів в'язкістю 10-1000 мПа·с і навіть більше. Такі флюїди містять достатньо високу кількість важких фракцій, які в процесі горіння є паливом. Метод рекомендується застосовувати за проникності порід понад 0,1 мкм^2, нафтонасиченості більше 30-35% і товщині пластів понад 3-4 м. Процес сухого горіння внаслідок температур 700 °С і більше застосовується тільки для теригенних колекторів, оскільки карбонатні колектори за таких температур руйнуються. Для них прийнятний вологий процес з температурами 300-400 °С. Внутрішньопластовому горінню притаманне погіршення якості видобутих вуглеводнів. Внаслідок перелічених обмежень теплові і термохімічні методи не можуть бути застосовані для вилучення нафт і бітумів з родовищ одеського Причорномор'я.

Ще одна група методів полягає у витісненні нафти агентами-розчинниками. Найбільш ефективним є так званий VAPEX метод – закачування розчинника в пласт в режимі гравітаційного дренажу. Цей спосіб реалізується використанням пари горизонтальних свердловин, розташованих на різних гіпсометричних рівнях. У верхню свердловину в залежності від компонентного складу нафти чи бітуму закачується метан зі значною кількістю похідних C_2-C_6 (як правило етан або пропан), нафта розріджується і стікає до видобувної свердловини під дією гравітації. Метод ефективний за пластових тисків у покладі більше 10-20 МПа, зрідженим газом – більше 8-14 МПа і застосовуються для розробки покладів на глибинах понад 1000-1200 м з товщиною пластів до 10-15 м. При

витісненні зрідженим пропаном є температурне обмеження, оскільки за температури понад 97 °С він переходить в газоподібний стан. В умовах наших родовищ така температура є на глибині 3600 м.

Г. Стебельською [Стебельська, 2015] запропоновано розробляти поклади густої нафти Яблунівського родовища у відкладах башкиру з використанням описаних методик. Для цього були пробурені дві похило скеровані свердловини 501 і 503 з горизонтальними закінченнями. Проте до застосування теплових чи хімічних методів не дійшло. Свердловинами видобуто 5 тис. т в'язкої нафти, що поснюється значною площею контакту з нафтоносним колектором.

Суттєвого прогресу в освоєнні карбонатних колекторів досягли нафтовики Прип'ятського прогину. За останні декілька років їм вдалося стабілізувати і навіть дещо збільшити видобуток вуглеводнів, застосовуючи на старих родовищах різноманітні методи гідророзриву низькопроникних колекторів з низьким пластовим тиском у свердловинах з горизонтальними стволами [Войтехін, 2021]. Породи-колектори девону Білоліського блока подібні до одновікових порід Прип'ятського прогину, де вони складені перешаруванням вапняків у різній мірі глинистих (до 40%) і вторинних доломітів з відкритою пористістю 3-7% і проникністю $0,01\text{-}0,05\cdot10^{-3}$ мкм^2. Відхід від вертикального ствола становить 300-400 м, в окремих випадках – до 1200 м. В карбонатних пластах здійснюється кислотний гідророзрив. Для колекторів з розвиненою природною тріщинуватістю найкраще зарекомендував себе метод багатостадійного (кластерного) кислотного гідророзриву за технологією PLUG&PERF, який передбачає розкриття тріщин, травлення кислотою і закріплення пропантом мережі природних тріщин. Його частка в загальній кількості гідророзривів регіону сягає 80%. Наприклад, у 1200-метровому горизонтальному стволі свердловини 41602 Речицького родовища проведені гідророзриви 40 інтервалів карбонатних колекторів пористістю до 5%. Як рідина розриву використовувалася спеціально створена полімерна флюїдна система з низькою густиною (до 1,2 г/см^3), низьким коефіцієнтом тертя, високою динамічною несучою здатністю пропанту, що забезпечило високий розхід нагнітання до 15 м^3/хвилину. В результаті із свердловин добилися дебіту нафти 112 т/добу при початковому дебіті всього в декілька т/добу.

З метою промислового освоєння нафтово-бітумних покладів девону Придобрудзького прогину рекомендується випробувати комплекс методів: кластерного гідророзриву пласта, теплових, термохімічних та методів витіснення вуглеводнів агентами-розчинниками.

Висновки.

Основну частку вільного простору девонських порід-колекторів у вуглеводневих покладах Придобруджі займають бітуми. У межах Білоліського блока на глибинах 3-3,5 км може існувати родовище нафти і бітуму з геологічними запасами в кількості 20 млрд тон, що може бути найбільшим скупченням вуглеводнів Західної Європи.

Проблема промислового освоєння покладів полягає у недостатньому гідродинамічному зв'язку пустотного простору порід-колекторів із свердловиною внаслідок блокування магістральних каналів нерухомим бітумом.

З метою отримання промислових припливів нафти з девонських відкладів Білоліського блоку доцільно спробувати застосувати комплекс методів кластерного кислотного гідророзриву пласта, теплових, термохімічних та витіснення вуглеводнів агентами-розчинниками.

Список використаних джерел:

Бурже Ж.П. та ін. Термічні методи підвищення нафтовіддачі пластів. Недра, 1988, 424 с.

Войтехін О. Л. Гідророзрив на глибинах понад 6000 м, багатостадійний гідророзрив пласта за технологією PLUG&PERF. VIII Міжнародна нафтогазова конференція Ньюфолк НКЦ. 27-28 травня 2021 р. Львів. https://www.youtube.com/watch?v=oOa7Ufocb7I&ab_channel=NEWFOLKLLC

Гнідець В.П. та ін. Літогенез девонських відкладів Придобрудзького прогину (палеоокеанографія, седиментаційна циклічність, формування порід-колекторів). Київ. УкрДГРІ, 2003, 96 с.

Лазарук Я. Природні резервуари нафтових родовищ Західного Причорномор'я. «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування.» Матеріали сьомої міжнародної науково-практичної конференції, (2021 р., м. Львів). Державна комісія України по запасах корисних копалин (ДКЗ). –Том 1. – К.: ДКЗ, 2021, с. 124-128.

Лазарук Я. та ін. Напрямки оптимізації розвідки і розроблення нафтових родовищ Західного Причорномор'я. Геологія і геохімія горючих копалин. 2023, № 3–4, с.191–192.

Лазарук Я. та ін. Геолого-економічна оцінка Східносаратського нафтового родовища Одеської області. Звіт про геологічне вивчення надр. Київ, ДП Держгеоінформ, 2017, а.

Лазарук Я. та ін. Геолого-економічна оцінка Жовтоярського нафтового родовища Одеської області. Звіт про геологічне вивчення надр. Київ, ДП Держгеоінформ, 2017, б.

Сергій Г.Б. та ін. Уточнення геологічної будови перспективних відкладів Білоліського блока Переддобрудзького прогину на основі поглибленої обробки та інтерпретації даних сейсморозвідки. Звіт про результати сейсморозвідувальних робіт. Київ, Фонди ДП Укргеофізика, 2014.

Стебельська Г.Я. Геолого-промислові передумови розвідки та розробки покладів високов'язкої нафти і природних бітумів родовищ Дніпровсько-Донецької западини. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук. Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна, 2015, 213 с.

Трохименко, Г.Л. (2013). Особливості природних резервуарів вуглеводнів у потужних карбонатних комплексах. ISSN 1999-7566. Геология и полезные ископаемые Мирового океана, 4, 46-62.

УДК 622.33:347.412

ПЕРСПЕКТИВИ ІНСТИТУТУ УГОД ПРО РОЗПОДІЛ ПРОДУКЦІЇ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

***Власенко Н. Р.**, vlasenkonr@dtek.com;*
ТОВ «Нафтогазексплуатація», Київ, Україна

Розкрито поняття та особливості відносин держави та інвесторів в рамках угоди про розподіл продукції. Надано оцінку перевагам та недолікам інституту угоди про розподіл продукції. Надано оцінку впливу Угоди між Урядом України та Урядом Сполучених Штатів Америки про створення Американсько-Українського інвестиційного фонду відбудови на інститут угоди про розподіл продукції на стратегічні/критичні корисні копалини. Проаналізовано вплив позиції держави на бізнес клімат. Надано рекомендації щодо удосконалення партнерської взаємодії держави та інвесторів.

PROSPECTS OF THE INSTITUTE OF PRODUCTION SHARING AGREEMENT UNDER MARTIAL LAW

***Vlasenko N.**, vlasenkonr@dtek.com;*
OIL AND GAS EXPLOITATION LLC

The concept and features of the relations between the state and investors within the framework of the production sharing agreement are disclosed. The advantages and disadvantages of the institution of the production sharing agreement are assessed. The impact of the Agreement between the Government of Ukraine and the Government of the United States of America on the establishment of the American-Ukrainian Investment Fund for Reconstruction on the institution of the production sharing agreement for strategic/critically useful coal fields is assessed. The impact of the state's position on the business climate is analyzed. Recommendations are provided for improving the partnership between the state and investors.

Вступ. Інститут Угод про розподіл продукції (надалі – УРП або Угода) станом на сьогодні в Україні тільки починає розвиватись, незважаючи на те, що Закон України «Про угоди про розподіл продукції» було прийнято ще в далекому 1999 році.

Перші УРП на видобуток вуглеводнів було укладено в 2007 та 2013 роках на Юзівській (2013 р.), Олеській (2013 р.) площах, Прикерченській ділянці континентального шельфу Чорного моря (2013 р.) та площах Абіха і Кавказька, ділянці Маячна і структурі Субботіна континентального шельфу Чорного моря (2007 р.). Разом з тим, через зміну інвесторів, анексію Криму, війну на Донбасі - розробка родовищ за УРП, укладеними у 2007 та 2013 роках, не здійснювалась.

І тільки після оголошення в 2018 році конкурсів на укладення Угод про розподіл продукції на Балаклійській, Берестянській, Софіївській, Угнівській, Охтирській, Грунівській, Варвинській і Зіньківській ділянках та інших ділянках - інститут УРП почав оживати.

Відповідно до Закону України «Про угоди про розподіл продукції» (надалі- Закон) передбачено, що на підставі угоди про розподіл продукції одна сторона - Україна (далі - держава) доручає іншій стороні - інвестору на визначений строк проведення пошуку, розвідки та видобування корисних копалин на визначеній ділянці (ділянках) надр та ведення пов'язаних з угодою робіт, а інвестор зобов'язується виконати доручені роботи за свій рахунок і на свій ризик з наступною компенсацією витрат і отриманням плати (винагороди) у вигляді частини прибуткової продукції [2].

Виходячи з положень Закону, УРП є свого роду спільним проектом держави та бізнесу/ Зважаючи на те, що в цивільному законодавстві під терміном «угода» розуміється домовленість сторін, укладена на добровільній основі, УРП як інститут в першу чергу повинен розглядатись як співпраця держави та інвесторів, взаємодія сторін з метою отримання вигоди та задоволення потреб учасників Угоди.

Цілком зрозуміло, що відсутність належної комунікації, розуміння та довіри, прямо впливатимуть на успішність проекту. Як наслідок, інвестором може бути тільки та компанія, яка має відповідну репутацію на ринку, а держава в свою чергу повинна

гарантувати утримання від дій, що мають характер упередженого ставлення чи здійснення тиску на інвесторів.

Відносини, що виникають у процесі виконання пошукових робіт, розвідки та видобування корисних копалин, розподілу виробленої продукції, її транспортування, обробки, зберігання, переробки, використання, реалізації чи розпорядження нею іншим чином, а також будівництва та експлуатації пов'язаних з цим промислових об'єктів, трубопроводів та інших об'єктів, регулюються угодою про розподіл продукції, що укладається згідно з Законом [2].

Станом на сьогодні, Закон не містить всіх деталей УРП, як наслідок саме текст угоди про розподіл продукції містить процедури, умови та вимоги, і є свого роду деталізацією норм та положень Закону.

Щодо переваг УРП варто звернути вагу на:

- можливість вивчення, проведення розвідки та відпрацювання великих площ надр, які придбати за результатами електронних торгів чи шляхом отримання спеціального дозволу на користування надрами без аукціону - було б дорого;
- можливість проведення геологорозвідувальних робіт на ділянці надр з подальшою компенсацію витрат на такі роботи за рахунок отриманої сировини;
- тривалий термін дії УРП (50 років);
- велику площу ділянки надр для проведення пошуку та розвідки з виділення найбільш цікавої та економічно вигідної частини ділянки для подальшої розробки;
- не поширення змін законодавства на відносини УРП.

Зазвичай УРП укладаються на великі ділянки надр, на яких потрібно провести геолого-розвідувальні роботи та визначити наявність/відсутність корисних копалин, визначити кількість та якість корисних копалин та оцінити перспективи переходу до промислової розробки. Виходячи з поточної редакції Методики визначення початкової ціни продажу на аукціоні спеціального дозволу на користування [4] – придбання спеціального дозволу на електронних торгах чи без аукціону на такі ділянки економічно не вигідне з огляду на те, що вони тільки частково вивчені, та містять затверджені запаси тільки на незначних частинах ділянки. Як наслідок обрахунок стартової ціни на електронні торги відбувається як по запасах, так і по площі, вивчення якої може виявити корисні копалини, а може і ні. Окрім того, вивчення ділянок надр потенційно перспективних для видобутку вуглеводнів вимагає значних капіталовкладень на проведення якісних геолого-розвідувальних роботів, що в поєднанні з затратами на придбання спеціального дозволу - економічно не вигідні для надрокористувачів. Якщо ми ведемо мову про УРП, то стаття 34 Кодексу про надра України визначила, що за надання спеціального дозволу на користування надрами без проведення аукціону (електронних торгів) з метою виконання угоди про розподіл продукції справляється плата (збір) у розмірі 1 відсоток початкової ціни продажу такого спеціального дозволу на користування надрами на аукціоні (електронних торгах) [1], що дозволяє зняти фінансове навантаження з інвестора на момент отримання спеціального дозволу на виконання УРП / підписання УРП. Крім того, після початку видобувної діяльності Інвестор має право отримати компенсацію за витрати на ГРР, що однозначно є вагомим аргументом при прийнятті рішення щодо участі в конкурсі на укладення УРП.

Після оголошення конкурсів на укладення УРП на ділянки Свічанська та Межиріченська фінансові умови змінились. Постановою КМУ від 13 серпня 2025 року №975 «Про проведення конкурсу на укладення угоди про розподіл вуглеводнів, які видобуватимуться у межах Межигірської ділянки, та визнання такою, що втратила чинність, постанови Кабінету Міністрів України від 8 квітня 2025 р. № 392» передбачено нову умову- переможець конкурсу під час підписання угоди сплачує до державного бюджету спеціальний платіж (бонус підписання) у розмірі не менше ніж 99 відсотків початкової ціни продажу на аукціоні спеціального дозволу на користування надрами на

ділянці Межигірська. Така сама ситуація і в постанові КМУ № 982 від 13 серпня 2025 року щодо конкурсу на укладення УРП на ділянку Свічанську.

Тобто те, що раніше було перевагою для інвесторів щодо вивчення та розвідки великих ділянок надр за 1% вартості початкової ціни спеціального дозволу – наразі не є актуальним. Адже ризик отримання ділянки надр з покладами, економічно невигідними до видобування за 1 % вартості є менш ризикованим для бізнесу, аніж за 100% вартості. Такі зміни до фінансових умов укладення УРП значним чином впливатимуть на бізнес середовище та бажання компаній виступити інвесторами відповідних УРП.

Щодо термінів проведення ГРР та промислової розробки варто зауважити, що вони дозволяють інвестору якісно та поступово виконувати роботи. В цьому звісно ж зберігається інтерес держави, адже не витрачаючи коштів на пошук, розвідку та буріння, після початку видобування інвестором отримає частку продукції, яку в подальшому може реалізовувати самостійно, отримуючи відповідні кошти, або ж використовувати її на забезпечення потреб держави.

Окремо хочу звернути увагу на не поширення змін законодавства на відносини УРП, яка є однією з найвагоміших. Найбільш яскраво це відчувається після підписання Угоди між Урядом України та Урядом Сполучених Штатів Америки про створення Американсько-Українського інвестиційного фонду відбудови, відповідно до якої всі надрокористувачі отримали нові зобов'язання в угодах про умови користування надрами, до яких на етапі формування бізнес-плану вони точно не готувались. Нестабільність законодавства в сфері надрокористування, а також непрогнозована регуляторна політика центральних органів виконавчої влади є значним ризиком для бізнесу.

Щодо недоліків інституту УРП серед найбільш яскравих інвестори, які не так довго працюють по Угоді, можемо виділити наступні:

- порядок визнання компенсаційних витрат;
- страх державного органу за переслідування з боку правоохоронних за прийняті рішення, які прямо не передбачені, хоча і не заборонені чинним законодавством чи угодою;
- порядок подання звітності;
- порядок реалізації сировини (реалізація частки держави).

Як уже згадувалось раніше – інститут УРП є новим і досвіду провадження діяльності відповідно до УРП нема ані в інвестора, ані в держави. Цілком зрозуміло, що поточні редакції угод містять певні неточності, разом з тим це не повинно бути підставою для блокування діяльності інвесторів, особливо що стосується рішень держави, які прямо не передбачені, але і не заборонені текстом УРП або Закону. Держава в особі посадових органів відмовляється погоджувати певні дії чи документи, ймовірно боячись переслідувань з боку правоохоронних органів. Звісно, така ситуація не може не впливати на бізнес клімат та діяльність Інвесторів.

На жаль, тенденція схиляється до того, що державні органи приймають позицію нейтралітету та не готові приймати рішень. Дії/бездіяльність держави повинні бути під особливим контролем, адже станом на сьогодні інститут УРП розвивається, і окрім УРП на вуглеводні в найближчому майбутньому також планується укладення угод на розподіл продукції на стратегічні/критичні корисні копалини, що було одним з першочергових завдань для успішної реалізації домовленостей, визначених відповідно до Угоди між Урядом України та Урядом США про створення Американсько-українського інвестиційного фонду відбудови, ратифікованої Законом України від 08.05.2025 № 4417-IX [3].

14 липня 2025 р. постановою КМУ № 845 «Про затвердження переліків корисних копалин та компонентів стратегічного та критичного значення і переліків ділянок надр (родовищ корисних копалин) стратегічного та (або) критичного значення» було затверджено:

- перелік корисних копалин та компонентів стратегічного значення, перелік корисних копалин та компонентів критичного значення;

- перелік ділянок надр (родовищ корисних копалин) стратегічного та (або) критичного значення, що надаватимуться у користування шляхом проведення аукціону (електронних торгів) з продажу спеціального дозволу на користування надрами;

- перелік ділянок надр (родовищ корисних копалин) стратегічного значення та (або) критичного значення, що надаватимуться в користування шляхом проведення конкурсу на укладення угоди про розподіл продукції.

Перше оголошення про проведення відкритого конкурсу на укладення угоди про розподіл продукції на стратегічну корисну копалину (літій) відбулось 27 серпня 2025 року згідно з постановою Кабінету Міністрів України №1059 (у межах ділянки «Добра»).

Зважаючи на те, що інвестори чинних УРП продовжують працювати в умовах воєнного стану, їх діяльність щодо виконання вимог Угоди не припинялась, а нові конкурси на укладення УРП вуглеводнів та стратегічних металів оголошуються - запровадження воєнного стану на території України впливає на інститут УРП не більш, ніж на сферу надрокористування загалом.

Разом з тим, ми переконані, що для залучення інвесторів та презентації України як інвестиційно привабливої країни, в першу чергу потрібне належне правове врегулювання відносин, які будуть будуватись за принципом партнерства, будь-які прогалини законодавства чи тексту УРП не будуть розцінюватись як підстава для бездіяльності, а підтримка бізнесу не буде сприйматись як сигнал про корупцію, а як спосіб формування сприятливого бізнес середовища.

Список використаних джерел:

1. Кодекс України про надра. Відомості Верховної Ради України від 06.09.1994 – 1994 р., № 36.
2. Закон України від 14.09.1999 №1039-XIV «Про угоди про розподіл продукції». Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1999, № 44.
3. Закон України від 08.05.2025 № 4417-IX «Про ратифікацію Угоди між Урядом України та Урядом Сполучених Штатів Америки про створення Американсько-Українського інвестиційного фонду відбудови». Урядовий кур’єр №101 від 20.05.2025.
4. Постанова Кабінету міністрів України від 15 жовтня 2004 року № 1374 «Про затвердження Методики визначення початкової ціни продажу на аукціоні (електронних торгах) спеціального дозволу на право користування надрами».

УДК (553.3, 553.04)

ВЕРИФІКАЦІЯ ЗАПАСІВ ЗАЛІЗНИХ РУД РОДОВИЩ ДЕРЖАВНОГО ФОНДУ НАДР УКРАЇНИ, ЯКІ НЕ НАДАНІ У КОРИСТУВАННЯ ЗА РК ООН

Бала В.В., *к. геол. н., bala@dkz.gov.ua;* ***Паюк С.О.,*** *golova@dkz.gov.ua;*
Єдіна О.В., *yedinao@dkz.gov.ua;*
Державна комісія України по запасах корисних копалин, Київ, Україна

У представлених тезах окреслено основні завдання, які вирішувались під час написання науково-дослідної роботи з верифікації запасів критичних/стратегічних корисних копалин в Україні. Обґрунтовано використання Рамкової класифікації ресурсів Організації Об'єднаних Націй (РК ООН) для проведення верифікації запасів та ресурсів Державного фонду надр України. Наведено методику проведення верифікації запасів критичних/стратегічних об'єктів, що обліковуються в Державному балансі, але не розробляються, у відповідності до вимог РК ООН. Проведено аналіз переведення величини запасів і ресурсів, що стосуються родовищ залізних руд нерозподіленої частини Державного фонду надр.

VERIFICATION OF IRON ORE RESERVES OF THE STATE SUBSOIL FUND OF UKRAINE THAT HAVE NOT BEEN GRANTED FOR USE ACCORDING TO THE UNFC

Bala V., *PhD (Geol.), balavv79@gmail.com;* ***Paiuk S.,*** *golova@dkz.gov.ua;*
Yedina O., *ksy.edina@ukr.net,*
State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine

The primary objectives that were addressed in a scientific research paper on the verification of critical/strategic mineral reserves in Ukraine have been outlined in this article. The application of the United Nations Framework Classification for Resources (UNFC) for the verification of reserves and resources of the State Subsoil Fund of Ukraine has been justified. Following the UNFC requirements, the methodology for verifying reserves of critical/strategic objects that are accounted for in the State Balance but are not being developed has been provided. The analysis of the conversion of reserves and resources associated with iron ore deposits of the undistributed section of the State Subsoil Fund of Ukraine has been conducted.

Вступ. За статистичними дослідженнями [3] світового ринку залізна руда є другим за обсягом сировинним товаром після нафти, відтак, виробництво та постачання залізної руди є важливим фактором для розвитку світової економіки, у тому числі української. Відповідно, залізорудна галузь України є однією з базових складових вітчизняної економіки, що забезпечує істотну частку експортних постачань та валютних надходжень до держави. Україна входить до числа держав, які володіють багатими та різноманітними корисними копалинами, у тому числі значним потенціалом залізорудної сировини.

На території України у межах Українського кристалічного щита розташована одна з найбільших у світі залізорудних провінцій, у межах якої виділяються Криворізько-Кременчуцька, Білозірсько-Оріхівська, Одесько-Білоцерківська металогенічні зони, Придніпровська і Приазовська металогенічні області. Вони складаються із залізорудних басейнів і районів.

Особливе положення займає Азово-Чорноморська залізорудна провінція. Відомо п'ять основних залізорудних басейнів і районів (ЗРР): Криворізький і Білозірський – багаті гематит-мартитові й магнетитові руди та магнетитові кварцити; Кременчуцький і Приазовський – магнетитові кварцити; Керченський – бурі залізняки.

Криворізький басейн і Кременчуцький район утворюють єдину Криворізько-Кременчуцьку металогенічну зону, а разом з Білозірським ЗРР – Великий Кривий Ріг, на який припадає основний обсяг видобутку і з яким пов'язані найбільші перспективи залізорудної бази України.

Переважна більшість руд (95 %) належать до докембрійських кварцитів і багатих руд. Криворізький басейн і Кременчуцький район утворюють єдину Криворізько-Кременчуцьку зону, а разом із Білозірським районом – Великий Кривий Ріг, на який припадає основний обсяг видобутку залізних руд [1].

Криворізький ЗРР розташований у західній частині Дніпропетровської області в басейні р. Інгулець та її приток (річок Саксагань і Жовта). Він виражений субмеридіональною смугою залізистих кварцитів протяжністю понад 100 км і шириною 2-7 км. Криворізький басейн є основним гірничодобувним центром України, де розробляється 23 (з 25 розвіданих у межах ***Криворізький ЗРР***) родовища залізних руд. Проте за 130 років промислової розробки запаси багатих руд Кривбасу виснажилися, особливо у приповерхневій частині. На більшості діючих кар'єрів досягнуто глибини майже 370 м, щороку вони збільшуються на 10–15 м. Глибина видобутку руд підземним способом досягла 850–1350 м. Кількість руди, яка містить близько 50 % заліза, становить приблизно третину загального видобутку. Інші дві третини товарної руди – концентрати, отримані з бідної руди або магнетитових залізистих кварцитів, що містять близько 30 % заліза. У Криворізькому ЗРР виділено сім рудних полів: Попельнастівське, Жовторіченське, Первомайсько-Ганнівське, Саксаганське, Південнокриворізьке, Лихманівське й Інгулецьке. У їх межах розміщено біля 300 покладів багатих залізних руд, які групуються у 25 родовищ, а також понад 40 родовищ залізистих кварцитів. Загалом у Кривбасі зосереджено 21,8 млрд т розвіданих запасів залізних руд.

Кременчуцький ЗРР розташований на північно-східному схилі Українського щита. Рудовміщуючою є саксаганська світа (1000–1300 м), яка утворює субмеридіональну смугу протяжністю 45 км і шириною 1–3 км. Багаті руди містять 58,5 % Fe, бідні – магнетитовими кварцитами (32,8 % Fe) і кумінгтоніт-магнетитовими кварцитами (27,4 %). Виділяють два рудні поля: північне – Галещинське та південне – Горішнє-Плавнинське. У їх межах розвідано такі родовища залізистих кварцитів: Горішнє-Плавнинське, Лавриківське, Єристівське, Біланівське, а також Галещинське родовище багатих залізних руд. Крім того, розвідано низку родовищ бідних залізних руд (Мануїлівське, Харченківське). Розвідані запаси промислових категорій п'яти основних родовищ становлять 4,1 млрд т. На базі двох родовищ (Лавриківського і Горішнє-Плавнинського) працює Полтавський ГЗК із проєктною потужністю 34 млн т руди щорічно.

Правобережний ЗРР займає територію від північного замикання Жовторіченської синкліналі (на півдні) до р. Дніпро (на півночі). Раніше район поділявся на західну і східну частини, зараз східна частина району належить до Криворізького басейну. Правобережний ЗРР складений метаморфізованими вулканогенно-осадовими породами інгуло-інгулецької серії, які зім'яті в синклінальні складки, осі яких часто змінюють своє простягання. Розвідані родовища: Іванівське, Зибківське, Мар'ївське, Краснофедорівське, Артемівське, Західножовтянське та Петрівське. Запаси і ресурси району становлять близько 2 млрд т залізних руд.

Білозерський ЗРР розташований на території Запорізької області, південніше м. Запоріжжя, на південному схилі Українського щита в південній частині Конксько-Білозерської підзони Оріхово-Павлоградської металогенічної зони. Його ширина становить 5–20 км, протяжність – 65 км у субмеридіональному напрямку. За промисловим значенням це один із найкрупніших і найперспективніших залізорудних районів України. Багаті руди вперше виявлено у 1955 р., згодом були відкриті та розвідані: Південно-Білозерське, Північно-Білозерське, Переверзівське родовища, а також кілька перспективних ділянок. Наразі розробляється лише Південно-Білозерське родовище, на базі якого працює Запорізький залізорудний комбінат, що щорічно видобуває близько 3 млн т багатих залізних руд, які не потребують збагачення. За промисловим значенням Білозірський ***ЗРР*** є одним з найперспективніших після Криворізького. Запаси багатих руд на глибині до 900–1500 м оцінюються в 460 млн т, а ресурси – в 225 млн т.

Об’єкти вітчизняної залізорудної бази характеризуються значним ступенем геологічного і техніко-економічного вивчення, що зумовлено тривалою історією вивчення та промислового освоєння залізорудних родовищ. Станом на 01.01.2024 р. Державним балансом запасів корисних копалин України враховано 60 родовищ залізних руд, з яких 25 перебувають у стадії розробки, 33 не розробляються, 2 перебувають у стадії розвідки. На

залізорудних родовищах, які експлуатуються (25 родовищ/ділянок надр), в теперішній час проведено значний обсяг геологорозвідувальних робіт, також проводиться дорозвідка і експлуатаційна розвідка, що забезпечує максимальну достовірність вихідної геологічної інформації для наступних технологічних і техніко-економічних розрахунків. Об'єкти, що обліковуються Державним балансом, але не перебувають в розробці зазвичай затверджені протоколами Державної комісії по запасах корисних копалин колишнього СРСР (далі – ДКЗ СРСР), Українською територіальною комісією (далі – УкрТКЗ), Всесоюзної комісії по запасах корисних копалин СРСР (далі – ВКЗ СРСР), Центральної комісії по запасах корисних копалин СРСР (далі – ЦКЗ СРСР), або оцінені науково-технічними ради (далі – НТР), технічної ради (далі – ТР) Міністерства чорної металургії (далі – Мінчормет) та іншими уповноваженими на час оцінки, організаціями.

Оцінка та затвердження цих запасів виконувалась у відповідності до системи класифікації запасів і ресурсів корисних копалин колишнього СРСР, що була розроблена в умовах планової директивної економіки. У зв'язку з цим, для неї характерні такі особливості, як слабка опрацьованість економічних та соціальних аспектів промислового освоєння родовищ корисних копалин, з одного боку, а з іншого – значна увага приділялась ресурсам корисних копалин (тобто найменш вивченій частині запасів корисних копалин), як перспективам для нарощування мінерально-сировинної бази.

На сьогоднішній день майже на всі відомі інвестиційно привабливі залізорудні об'єкти (родовища/ділянки надр) видані спецдозволи. Відкриття нових родовищ із значними запасами не спостерігається. Тому важливим стає питання забезпечення інвесторів (майбутніх надрокористувачів) інформацією щодо існування потенційних об'єктів інвестування, які знаходяться на обліку в Державному балансі запасів корисних копалин. Оцінка їх за міжнародними стандартами, такими як Рамкової класифікації ООН (United Nations Framework Classification for Resources (UNFC) з якою гармонізована наша діюча Класифікація запасів і ресурсів державного фонду надр, є важливим кроком до розуміння інвестиційного потенціалу мінерально-сировинної бази України.

У лютому 2024 року Європейський парламент затвердив регламент програми Ukraine Facility. У березні 2024 р. розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18.03.2024 № 244-р схвалено План України для реалізації ініціативи Європейського Союзу Ukraine Facility, який стане основою для реалізації програми фінансової підтримки України від Європейського Союзу протягом 2024-2027 рр. План України (Ukraine Facility) передбачає здійснення структурних реформ в державному секторі, проведення низки економічних реформ, спрямованих на розвиток бізнес-клімату та підприємництва, а також кроки для розвитку пріоритетних секторів, що можуть забезпечити швидке економічне зростання. Загалом План України (Ukraine Facility) включає понад 150 індикаторів за 69 напрямками реформ, виконання яких заплановане на період до 2027 року.

Одним з ключових секторів є управління критично важливими матеріалами. Завданням цього сектору є покращення управління ресурсами, створення сприятливого середовища для залучення технологічних інновацій для інтеграції у глобальні ланцюги вартості, а результат реалізації передбачає забезпечення сталого розвитку сектора критичних матеріалів і сировини, збільшення його внеску у національну економіку, створення нових робочих місць, та зміцнення позицій України на глобальному ринку критичних матеріалів та продукту з доданої вартістю.

План України (Ukraine Facility), що передбачає з метою підготовки до аукціонів та тендерів за угодами про розподіл продукції, Україна має провести перевірку та переоцінку запасів критичних матеріалів і сировини за допомогою міжнародних систем класифікації.

РК ООН є уніфікованою глобальною системою з динамічним розвитком та використовується у багатьох країнах для ефективного управління національними ресурсами.

Основними зацікавленими сторонами щодо використання РК ООН є:

– розробники міжнародних енергетичних програм та програм розвитку мінерально-сировинної бази, оскільки РК ООН сприяє формуванню послідовної і далекоглядної політики;

– уряди, тому що вона дозволяє стабільно управляти національними ресурсами;

– промисловість, оскільки ця класифікація надає дані та інформацію, необхідні для розгортання технологій, управління та фінансів;

– фінансове співтовариство, тому що РК ООН дозволяє проводити адекватну інвестиційну політику.

Перевагами використання РК ООН є:

– структуровані рамкові принципи, правила та керівні вказівки;

– співставність (гармонізація) з основними міжнародними і багатьма національними системами класифікацій;

– забезпечення простоти використання без втрати повноти та гнучкості, використання глобальною спільнотою;

– схема кодування запасів і ресурсів є цифровою, незалежною від лінгвістичних особливостей.

Нині понад 76 країн, у тому числі і Україна, застосовують РК ООН як основну класифікацію або мають сполучні документи зі своїми національними класифікаціями.

Також слід зазначити, що вибір на користь РК ООН базується на вимогах документу про критичну сировину (Critical Raw Materials Act), який прийнятий Європейською комісією, відповідно до якого оцінка запасів критичної сировини повинна проводитися відповідно до класифікаційної системи проєктів РК ООН [5].

Державна комісія України по запасах корисних копалин відповідно до покладених на неї завдань Держгеонадра та відповідно до Плану України (Ukraine Facility), провела верифікацію запасів стратегічних/критичних корисних копалин, до міжнародної класифікаційної системи проєктів РК ООН.

Під час виконання науково-дослідної роботи за темою «Верифікація запасів критичних/стратегічних корисних копалин в Україні» колектив ДКЗ виконав науково-дослідну роботу з верифікації запасів критичних/стратегічних корисних копалин (37 корисних копалин відповідно до рішення Ради національної безпеки і оборони України від 16.07.2021 року введеного в дію Указом Президента України від 23.07.2021 року № 306/2021), у тому числі запасів залізних руд нерозподіленого Державного фонду родовищ України.

Вихідними даними для виконання науково-дослідної роботи були документи (матеріали) ДНВП «Геоінформ України», що стосуються об'єктів, які обліковуються Державним балансом та не надані у користування станом на 01.01.2023 р. і включають об'єкти обліку (родовища, в т. ч. ділянки), запаси яких оцінені або затверджені протоколами ДКЗ, ВКЗ, СРСР, УкрТКЗ, ЦКЗ, НТР, ТР та ДКЗ України до 1997 р.

Верифікації запасів, що обліковуються в Державному балансі, виконана для залізорудних родовищ / ділянок надр, що наведені у табл. 1.

Методика проведення верифікації запасів критичних/стратегічних об’єктів, що обліковуються в Державному балансі, які не розробляються, виконана у відповідності до вимог РКООН.

Класифікаційна характеристика класів проєктів визначалася шляхом вибору в кожному з трьох критеріїв конкретної комбінації категорій чи підкатегорій (або груп категорій/підкатегорій) РКООН відповідно до чинних специфікацій, під час класифікації ресурсів регламентує виділення:

- у першій групі (вісь E) – 3 категорії та 5 підкатегорій;
- у другій групі (вісь F) – 4 категорії та 12 підкатегорій;
- у третя групі (вісь G) – 3 категорії та 3 підкатегорій.

Таблиця 1. Залізорудні об’єкти (родовища / ділянки надр) по яких проводилась верифікація

№ з/п	Назва об’єкту
1.	Жовторіченське родовище залізних руд ділянка Основний поклад
2.	Родовище поле шахти «Північна» ім. Валявка (поля колишніх шахт «Південна», «Нова», «ГПУ»)
3.	Родовище рудник ім. Кірова діл. Поле шахти № 2 ім. Артема (колишня шахта ім. Кірова Північна)
4.	Родовище рудник ім. Кірова Ділянка № 8
5.	Родовище рудник ім. Кірова ділянка Північна (Тарапаківська)
6.	Родовище рудник ім. Кірова ділянка Тарапаківські кар'єри
7.	Родовище Ділянка № 6 (кар'єр № 2)
8.	Родовище Новокриворізьке (Північна частина)
9.	Родовище поле шахти Центральна (Інгулецьке родовище)
10.	Родовище поле шахта Інгулецьке (поза полями шахт та кар'єрів)
11.	Родовище поле шахти «Саксагань»
12.	Західне родовище бурих залізняків
13.	Ділянка «Більшовик» (резерв Велико-Глеюватського родовища)
14.	Північно-Білозірське родовище залізних руд
15.	Васинівське родовище залізистих кварцитів
16.	Гуляйпільське родовище залізистих кварцитів
17.	Куксунгурське родовище ділянки Центральна, Меридіональна, Західна та ділянка Проміжна
18.	Попельнастівське родовище залізних руд
19.	Родовище Камиш-Бурунське
20.	Родовище Ельтиген-Ортельське
21.	Родовище Киз-Аульське
22.	Родовище Новоселівська мульда
23.	Родовище Катирлезька мульда
24.	Родовище Баксинська мульда
25.	Кременчуцьке (Галещинське) родовище залізних руд
26.	Родовище поле шахти «Північна» ім. Валявко (Дренажна)
27.	Родовище Північна мульда. Ділянка Заморсько-Пісочна
28.	Родовище Північна мульда. Ділянка Сім Колодязів
29.	Ділянка Чегене-Салинська Північної мульди
30.	Родовище Акманайська мульда ділянки Акманайська та Киятська
31.	Жовторіченське родовище залізних руд ділянка Західний пласт
32.	Поле шахти ім. Артема (1 і 2 заліз. горизонти, до гл.700 м)
33.	Поле шахти ім. Артема (1 і 2 заліз. горизонти, 700-1350 м)
34.	Новокриворізьке родовище Ділянка 2, Південно-Східний фланг
35.	Інгулецьке родовище (Північний фланг)
36.	Валявкинське родовище (Східна ділянка)
37.	Поле шахти Гігант-Глибока
38.	Миколаївська ділянка залізних руд (залізисті кварцити)
39.	Маріупольське родовище залізних руд
40.	Корсакське родовище залізних руд
41.	Сергіївське родовище залізистих кварцитів (ділянки Барвіновська, Центральна)
42.	Пролетарське родовище залізних руд (залізисті кварцити)
43.	Лозуватська ділянка залізних руд (залізисті кварцити)
44.	Оріхівська ділянка залізних руд (залізисті кварцити)
45.	Червонофедорівська ділянка залізних руд (залізисті кварцити)
46.	Родовище поля шахти ім. Орджонікідзе Ділянка Друга

Перша група категорій (вісь E) визначає ступінь сприятливості екологічних, соціальних та економічних умов для забезпечення життєздатності проєкту, включаючи ринкові ціни, юридичні, нормативні, природоохоронні та договірні аспекти.

Друга група категорій (вісь F) визначає ступінь опрацювання технологій, досліджень та зобов'язань, необхідних для реалізації проєкту. Ці проєкти можуть перебувати на різних стадіях – від концептуальних досліджень до повністю опрацьованого діючого проєкту та відображають стандартні засади управління виробничо-збутовою системою.

Третя група категорій (вісь G) позначає ступінь достовірності оцінки обсягу продукції, що буде отримана внаслідок реалізації проєкту.

Категорії та підкатегорії є «будівельними блоками» системи та об'єднуються у «класи».

Класифікаційна характеристика класів проєктів здійснюється шляхом вибору конкретної комбінації категорій чи підкатегорій (або груп категорій/підкатегорій) у кожному з трьох критеріїв.

Класи проєктів у скороченому варіанті характеризуються достовірністю (підтвердженням) класифікаційних ознак:

- Життєздатні проєкти – екологічна, соціально-економічна життєздатність і технічна здійсненність підтверджені оцінкою;
- Потенційно життєздатні та нежиттєздатні проєкти – екологічна, соціально-економічна життєздатність і технічна здійсненність не підтверджені оцінкою;
- Перспективні проєкти – інформації про джерело (ресурс) недостатньо для оцінки його екологічної, соціально-економічної життєздатності та технічної здійсненності.

Детальні дефініції для категорій та підкатегорій наведено у зведеній табл. 2 [4, 7].

За проведеним аналізом вихідних даних (матеріали надані ДНВП «Геоінформ України») та у відповідності до вимог РК ООН, зроблено верифікацію облікованих відомостей 46 залізорудних родовищ/ділянок надр. Верифікацію об'єктів обліку проведено за ділянками, основними промисловими типами руд, сортами, марками, технологічними групами корисних копалин, способом відпрацювання та іншими геолого-промисловими характеристиками запасів корисних копалин [1].

Загальний аналіз, геолого-промислова характеристика та верифікація об'єктів (родовищ, ділянок надр) проведена за таким змістом:

1. Геолого-промислова характеристика, що включала загальну інформацію, геологічну характеристику, методику проведених робіт з геологічного та техніко-економічного вивчення, гірничо-геологічні та інші умови розробки.

2. Оцінка запасів корисних копалин родовища, що включала відомості результатів оцінки та підрахунку запасів корисних копалин, рік проведення оцінки, використану класифікаційну систему, застосовані параметри кондицій та інші умови оцінки.

3. Висновки та результати верифікації.

Зведені результати верифікації запасів критичних/стратегічних об'єктів, що обліковуються в Державному балансі, які не розробляються виконана у відповідності до вимог РК ООН, для прикладу по деяких родовищах/ділянках надр наведено в табличній формі (дивись таблицю 3).

Відповідно до результатів верифікації (аналізу об'єктів досліджень на відповідність їх класифікаційним ознакам системи РК ООН) залізорудні об'єкти оцінюються як «перспективні проєкти». На даному етапі, усі вони в подальшому потребують додаткового комплексу досліджень. У деяких випадках (родовище поля шахти ім. Орджонікідзе Ділянка Друга; родовище Інгулецьке (поза полями шахт та кар'єрів) особливу увагу треба приділити довивченню екологічної та соціально-економічної складової життєздатності проєкту. У інших (Родовище Катерлезька мульда) необхідні дослідження з розробки економічно доцільних технології збагачення та технічної здійсненності проєкту. Такі родовища як Корсакське родовище залізних руд, потребують також довивчення кількості, якості й технологічних властивостей, геологічної будови, гідрогеологічних, гірничотехнічних, інженерно-геологічних та інших умов залягання покладів.

Серед основних виробників заліза кількістю промислових запасів Україна тривалий період належала до десятки країн світу, але за якістю руди вітчизняних родовищ знаходяться на рівні нижче середнього серед країн-основних виробників залізорудної сировини [2].

Проаналізувавши дані Державного балансу запасів корисних копалин (руди заліза), з урахуванням проведеної верифікацій в Україні зберігається значний ресурсний потенціал нарощення обсягів видобутку залізної руди. Основними претендентами на залучення у видобування є об'єкти обліку залізних руд, що межують з діючими підприємствами, де уже створені капіталоємні виробництва. У той же час головним ускладненням для ефективного відпрацювання вітчизняних залізорудних родовищ є проблеми якості сировини та ускладнення гірничо-геологічних умов відпрацювання через поглиблення діючих кар'єрів та шахт.

Таблиця 2. Визначення категорій та підкатегорій РК ООН 2019

Визначення категорій та підкатегорій для класів РК ООН			
Вісь E – екологічна та соціально-економічна життєздатність			
Категорія	Визначення	Підкатегорія	Визначення
E1	Підтверджена екологічна та соціально-економічна життєздатність розробки та експлуатації	E1.1	Виходячи з поточних умов та реалістичних припущень щодо майбутніх умов, розробка є життєздатною з екологічної, соціальної та економічної точок зору
		E1.2	Виходячи з поточних умов та реалістичних припущень щодо майбутніх умов, розробка не є життєздатною з екологічної, соціальної та економічної точок зору, але може стати такою за умови отримання державних субсидій та/або дії інших факторів
E2	Очікується, що розробка та експлуатація будуть екологічно та соціально-економічно життєздатні в найближчому майбутньому	Підкатегорії не визначені	
E3	Не очікується, що в найближчому майбутньому розробка та експлуатація стануть екологічно та соціально-економічно життєздатними, або оцінка виконана на надто ранньому етапі, щоб визначити екологічну та соціально-економічну життєздатність	E3.1	Оцінка продукту, який, за прогнозами, може бути розроблений, але не буде використаний або спожитий у процесі експлуатації
		E3.2	Визначення екологічної та соціально-економічної життєздатності наразі неможливе через недостатній обсяг інформації
		E3.3	Виходячи з реалістичних припущень щодо майбутніх умов, на даний момент немає розумних перспектив забезпечення екологічної та соціально-економічної життєздатності у доступному для огляду майбутньому
Вісь F – технічна (технологічна) обґрунтованість проєкту			
F1	Підтверджена технічна можливість реалізації проєкту розробки	F1.1	На момент оцінки здійснюється розробка
		F1.2	Виконані капітальні вкладення і розпочато реалізацію проєкту розробки
		F1.3	Завершені дослідження, що підтверджують технічну здійсненність розробки та експлуатації. Є обґрунтовані підстави вважати, що всі дозволи/контракти, необхідні для початку розробки у рамках проєкту, будуть отримані/укладені найближчим часом
F2	Технічна можливість реалізації проєкту розробки потребує додаткової оцінки	F2.1	Триває реалізація проєкту з метою обґрунтування розробки в найближчому майбутньому
		F2.2	Реалізація проєкту призупинена та/або обґрунтування розробки можливе, але з істотною затримкою
		F2.3	На момент оцінки немає поточних планів щодо розробки або збору додаткових даних через обмежені можливості
Визначення категорій та підкатегорій для класів РК ООН			
Категорія	Визначення	Підкатегорія	Визначення
F3	Оцінка технічної можливості реалізації проєкту розробки неможлива через недостатню кількість даних	F3.1	Дослідження конкретної ділянки виявили можливість розробки з достатнім ступенем достовірності для проведення подальших випробувань
		F3.2	Результати початкових досліджень вказують на потенційну можливість розробки на конкретній ділянці, однак для набуття достатньої впевненості у доцільності подальших досліджень необхідно зібрати додаткові дані та/або виконати додаткові оцінки
		F3.3	Дослідження знаходяться на початковому етапі. Результати регіональних досліджень дають підстави припускати наявність на ділянці сприятливих умов для можливої розробки
F4	Проєкт розробки відсутній	F4.1	Після проведення пробних досліджень активно розробляється необхідна технологія, але її технічна здійсненність ще не доведена
		F4.2	Вивчається необхідна технологія, але дослідження ще не завершені
		F4.3	На даний момент технологія не вивчається і не розробляється
Вісь G – ступінь достовірності			
G1	Кількість продукту, пов'язана з проєктом, оцінена з високим ступенем достовірності	Підкатегорії не визначені	
G2	Кількість продукту, пов'язана з проєктом, оцінена із середнім ступенем достовірності	Підкатегорії не визначені	
G3	Кількість продукту, пов'язана з проєктом, оцінена з низьким ступенем достовірності	Підкатегорії не визначені	
G4	Кількість продукту, пов'язана з перспективним проєктом, оцінка якого виконана головним чином на основі непрямих даних	G4.1	Низька оцінка
		G4.2	Додаткова кількість до G4.1
		G4.3	Додаткова кількість до G4.1+G4.2
За ступенем достовірності запасів і ресурсів корисних копалин можуть виділятися категорії за факторами невизначеності (сценарій оцінки: дуже низька G1, низька G2, середня G3, найвища G4) або вірогідності (G1 – 90 %, G2 – 50 %, G3 – 10 %, G4 – ≤10 %)			

Таблиця 3. Таблиця узагальнених результатів верифікації по деяких залізорудних об'єктах

№ з/п	Назва родовища, ділянка, місцезнаходження	Корисна копалина	Одиниця виміру	Балансові запаси	Позабалансові запаси	Запаси в охоронних целіках, зонах та з невизначеним промисловим значенням	Категорія геологічного вивчення та достовірності	Рік оцінки	E	F	G
1	Родовище Інгулецьке (поза полями шахт та кар'єрів), Дніпропетровська область, за 5 км на схід від залізничної станції Інгулець-Нова та за 30 км на південь від залізничної станції Кривий Ріг.	руди залізні	тис. т	64			C_1	1965	3.2	3.2	1
			тис. т	14			C_2	1965	3.2	3.2	2
			тис. т	227			B	1965	3.2	3.2	1
			тис. т	1115			C_1	1965	3.2	3.2	1
			тис. т	15			C_2	1965	3.2	3.2	2
			тис. т		784		C_2	1965	3.2	3.2	2
			тис. т	190041			C_1	1965	3.2	3.2	1
			тис. т	47426			C_2	1965	3.2	3.2	2
			тис. т		156900		C_2	1965	3.2	3.2	2
			тис. т	218867			C_1	1965	3.3	3.2	1
			тис. т	80547			C_2	1965	3.3	3.2	2
			тис. т		137379		C_2	1965	3.3	3.2	2
2	Родовище Катерлезька мульда, Автономна Республіка Крим, Керченський район на північному заході від околиць міста Керч	руди залізні	тис. т	302522			$A+B+C_1$	1964	3.3	3.2	1
			тис. т			190801	$A+B+C_1+C_2$	1964	3.3	3.2	2
			тис. т		92509		$A+B+C_1$	1964	3.3	3.2	3
			тис. т			11716	$A+B+C_1$	1964	3.3	3.2	3
3	Жовторіченське родовище залізних руд, ділянка Західний пласт, Дніпропетровська область, Криворізький район, межах території міста Жовті Води	руди залізні	тис. т	21432			B	2013	3.2	3.2	1
			тис. т	59900			C_1	2013	3.2	3.2	1
			тис. т	38434			C_1	2013	3.2	3.2	1
			тис. т	200635			C_2	2013	3.2	3.2	2
			тис. т			26142	C_2	2013	3.3	4.1	2
			тис. т			60260	C_2	2013	3.2	4.3	2
5	Корсакське родовище залізних руд, Запорізька область, Бердянський район	руди залізні	тис. т	242125,9			C_1	2017	3.2	3.2	1
			тис. т	28007			C_2	2017	3.2	3.2	2
			тис. т			5506,5	C_1	2017	3.2	3.2	2
			тис. т			2754,6	C_2	2017	3.2	3.2	2
			тис. т			347664,6	C_2	2017	3.2	3.2	2
6	Родовище поля шахти ім. Орджонікідзе Ділянка Друга, Дніпропетровська область, на території Тернівського району міста Кривий Ріг	руди залізні	тис. т	304610			C_1	1989, 2015	3.2	3.1	1
			тис. т	144178			C_2	1989, 2015	3.2	3.1	2

Список використаних джерел:

1. Науково-дослідна робота за темою: «Верифікація запасів критичних/стратегічних корисних копалин в Україні». Київ. ДКЗ 2025
2. Курило М.М. Ресурсні обмеження в освоєнні родовищ залізних руд в умовах переходу до якісної металургії і нової енергетики. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора геологічних наук. К.: Київський національний університет імені Тараса Шевченка.
3. Кухарик В.В. «Статистичне дослідження світового ринку залізної руди» / Економіка та суспільство/ Випуск # 39/2022.
4. Литвинюк С.Ф. (2025) Система управління мінеральними ресурсами в концепції сталого розвитку. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора геологічних наук. К.: Київський національний університет імені Тараса Шевченка.
5. Паюк С.О., Литвинюк С.Ф., Багрій І.Д. Збалансоване формування мінерально-сировинної бази критичних/стратегічних корисних копалин та їх оцінка (верифікація) як пріоритет геологічної галузі України/Мінеральні ресурси України /№ 2 2025
6. Ukraine Plan 2024–2027 Ukraine Facility (2024). (рівень доступу: https://www.ukrainefacility.me.gov.ua)
7. United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources (UNFC) (2009). (рівень доступу: https://unece.org/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/publ/UNFC2009_Spec_ES42.pdf)

УДК: 553.494+553.493:338.45

НОВІ ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ТА МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД РЕАЛІЗАЦІЇ TA-NB ПРОЕКТІВ

***Курило М.М.**, д. геол. н., marikurylo@meta.ua,*
ННІ «Інститут геології» КНУ імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

В роботі аналізуються основні тенденції та фактори впливу на міжнародному ринку Ta-Nb продукції. Класифікуються проекти у сфері геологічного вивчення, видобутку і переробки мінеральної сировини. В Україні зафіксовані десятки проявів Ta-Nb мінералізації і об'єктів для пошуково-розвідувальних робіт, частина яких на сьогодні не доступна. Найбільш відомі об'єкти це комплексні родовища та рудопрояви в межах Українського щита — у його північно-західній, центральній та південно-східній частинах.

Актуальність розвитку Ta-Nb проектів пов'язана з використанням металів у новітніх технологіях, включаючи газові та вітрові турбіни, прилади медичної візуалізації, прискорювачі частинок, космічні технології, а також у виробництві високопродуктивних та надшвидких акумуляторних батарей для електромобілів. Метали належить до переліку критичних у США, ЄС та ін. через 100% залежність від імпорту. Міжнародні ланцюги постачань є достатньо монополізованими, що надає актуальності розвитку власних проектів надрокористування у цій сфері. Близько 90% світового попиту на Nb забезпечують три виробники, і основним продуктом є фероніобій для HSLA-сталей. Головні технологічні тренди у реалізації проектів є наступні: максимально ефективне передзбагачення (гравітація, магнітна сепарація, сортування), використання безфторидних схем при переробці сировини.

Ключові слова: Ta-Nb проекти, міжнародний ринок, життєвий цикл проектів, оцінка ресурсів.

NEW TECHNOLOGICAL SOLUTIONS AND INTERNATIONAL EXPERIENCE IN IMPLEMENTING TA-NB PROJECTS

***Kurylo M.,** Dr. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., marikurylo@meta.ua,*
Institute of Geology Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

Key trends and factors influencing the global market for Ta-Nb commodities have been analysed in the article. Projects in the field of geological exploration, extraction and processing of mineral raw materials have been classified. Dozens of Ta-Nb mineralisation occurrences and exploration targets have been identified in Ukraine, some of them are currently inaccessible. The most well-known sites are complex deposits and ore occurrences within the Ukrainian Shield, in its north-western, central and south-eastern parts.

The relevance of Ta-Nb project development is associated with the use of metals in the cutting-edge technologies, including gas and wind turbines, medical imaging devices, particle accelerators, space technologies, and the production of high-performance and ultra-fast rechargeable batteries for electric vehicles. Metals are included in the list of critical materials in the US, EU, etc. due to 100 % dependence on imports. Global supply chains are quite monopolised, which makes the development of domestic subsoil use projects in this area even more relevant. About 90 % of the global demand for Nb is supplied by three producers, and the primary product is ferroniobium for HSLA steels. The main technological trends in project implementation are as follows: maximum pre-enrichment efficiency (gravity, magnetic separation, sorting), use of fluoride-free schemes in raw material processing.

Keywords: Ta-Nb projects, global market, project life cycle, resource assessment.

Тантал і ніобій – критичні види корисних копалин для більшості розвинутих країн. Це елементи групи V періодичної таблиці, які майже ніколи не утворюють чисті монокомпонентні руди, зазвичай асоціюються з іншими елементами (Li, Rb, Cs, Zr, РЗЕ і ін.). В Україні зафіксовані прояви цих рідкіснометальних елементів, переважно у Приазовському регіоні. Частина цих об'єктів для пошуково-розвідувальних робіт на сьогодні не доступні через розташування у зонах ведення військових дій. Найбільш перспективні для розвитку є опошуковані ділянки в межах Сущано-Пержанської зони, які потребують довивчення.

Для ніобію та танталу висуваються високі вимоги чистоти, мінімум домішок (Ti, Fe, U, Th, інші рідкісні елементи), стабільна хімічна форма, що впливає на технологічну придатність сировини (*Михайлов, 2004*). Приблизно 90% усього ніобію, що використовується, споживається у вигляді фероніобію у виробництві сталі. Решта використовується в широкому спектрі менших за обсягом, але більш цінних технологій, таких як високопродуктивні сплави (включаючи надсплави), карбіди, надпровідники, електронні компоненти та функціональна кераміка та ін. Ніобій використовується в

новітніх технологій, включаючи газові та вітрові турбіни, прилади медичної візуалізації, прискорювачі частинок, космічні технології, а також у виробництві високопродуктивних та надшвидких акумуляторних батарей для електромобілів.

Кількість ніобію використовується в суперсплавах на основі нікелю, кобальту та заліза для таких застосувань, як компоненти реактивних двигунів, газові турбіни, ракетні вузли, системи турбонаддуву, жаростійке та обладнання для згоряння. Використання ніобію в акумуляторних батареях є надзвичайно перспективним - акумуляторна батарея наступного покоління Toshiba для електромобілів має ніобієвий анод, що забезпечує вищу продуктивність, довший термін служби, швидшу зарядку та безпечніші акумулятори, і очікується, що вона стане галузевим стандартом.

Згідно з даними Roskill, середньорічний темп зростання світового споживання ніобію досяг 5%. Прогнозується рост до 10% на рік через збільшення використання в автомобільній та аерокосмічній промисловості, особливо в Китаї, Індії та Японії, Попит на ніобій зростає швидшими темпами, ніж виробництво сталі.

Основними факторами, що впливають на ринок, є наступні:

- збільшення споживання ніобію в конструкційній сталі завдяки міцності на розрив та довговічності для використання в мостах, будівлях та інших великих спорудах;
- широке використання сплавів у виробництві високопродуктивних двигунів та автомобілів; та використання в нових технологіях та військових технологіях.
- зростаюча увага урядів усього світу до мінімізації викидів вуглецю та підвищення економії палива підвищила важливість легких матеріалів у виробництві автомобілів. Всього 1 кг ніобію в 1 т сталі зменшує вагу сталевого виробу на 10% та підвищує міцність і довговічність.

Ціни на ніобій коливаються від 45 $/кг (45 000 $/т) для стандартного металевого фероніобію та понад 50 $/кг для Nb_2O_5. Вища чистота та більш спеціалізована продукція забезпечують вищі ціни. Волатильність цін на ніобій надзвичайно низька, що є одним із ключових факторів впевненості в ланцюжку поставок для клієнтів .

Основні стадії реалізації Ta-Nb проектів відображають основні етапи життєвого циклу проектів надрокористування і включають наступні етапи:

1. Видобуток сировини, де основним мінералом є *пірохлор, д*ругорядне місце має — *колумбіт-танталіт* у пегматитових родовищах, або розробка комплексних руд, де Ta-Nb вилучаються як супутні компоненти.
2. Збагачення: оскільки Ta–Nb зазвичай присутні у важких мінералах, застосовують гравітаційні та магнітні методи: первинне дроблення і мілке подрібнення, гравітаційна концентрація, магнітна сепарація (Ta–Nb слабо-/середньо-магнітні), іноді флотація для видалення домішок. Продуктом цієї стадії є концентрат із збагаченим вмістом Ta/Nb.
3. Переробка найчастіше передбачає 2 можливі схеми:
   - Схема 1 Концентрат Nb_2O_5 відновлюють алюмотермією для отримання фероніобію (FeNb), основний ринковий продукт для HSLA-сталей.
   - Схема 2: Використовують хімічні процеси із виділенням оксидів високої чистоти Nb_2O_5 та Ta_2O_5, які далі застосовують у спеціальній металургії та високотехнологічних галузях.

Відповідно до цього розділяють основні типи Ta–Nb проєктів:

- Pyrochlore-based: масштабні проекти орієнтовані на великі родовища (Бразилія, Канада) із кінцевою продукцією - фероніобій (65% Nb).
- Columbite-tantalite-based: менш масштабні, спеціалізовані, переважно вилучення компонентів як супутніх продуктів видобутку літію чи олова (Австралія, Африка). Продукти — оксиди високої чистоти Nb_2O_5 / Ta_2O_5.
- Downstream projects: Виробництво порошків, суперсплавів, NiNb та інших сполук для авіакосмосу, енергетики, електроніки.

Основні відомі міжнародні Ta-Nb проекти на різних стадіях реалізації наведені у табл. 1. Співставлення виділених типів проектів за їх масштабами і спеціалізацією – у табл. 2.

Таблиця 1. Міжнародні Ta-Nb проекти на різних стадіях реалізації (за даними *Mineral, 2025; Tantalum, 2025*)

Діючі проекти	**Загальний опис проектів** ~90% світового попиту на Nb забезпечують три виробники:
• CBMM (Araxá) Бразилія	забезпечує 75% світової пропозиції на Nb продукти та забезпечує повний ланцюг від концентрату до FeNb і Nb_2O_5 високої чистоти. Вміст Nb2O5 в руді 1,5%.
• China Molybdenum-Brazil	забезпечує 15% споживання фероніобію. Ресурси 602,9 млн т, вміст 0,43% Nb2O5 в руді
• Niobec - Québec, Canada	Підземний рудник Niobec працює протягом 30 років і є єдиним джерелом пірохлору в Північній Америці, наразі виробляючи ~5000 т ніобію на рік, що міститься у фероніобії; забезпечує 8-10% світового споживання.
Проекти у стадії запуску	
• NioCorp (Elk Creek) США (Nebraska)	Інтегрований видобуток і переробка Nb/Sc/Ti у серпні 2025 отримали $10 млн від Пентагону на розвиток ланцюга постачання скандію. Мають всі дозволи та законтрактувано 75% майбутнього виробництва фероніобію на 10 років. Очікувана продуктивність — 7,450 т FeNb на рік протягом 38 років.
• Boyertown, Пенсильванія	Міноборони США виділило $26,4 млн на створення виробництва Nb_2O_5 високої чистоти (для авіакосмосу та спецсталей).
• Kanyika Niobium Project	Основний проект Globe Metals & Mining. Початок пошукових робіт у 2007 р. Заплановане виробництво Nb_2O_5 і Ta_2O_5. Проєкт буде розвиватися в кілька фаз — фаза 1 запланована ~ 86 000 т/р руда, 1 760 т/р концентрат з подальшою переробкою в Malawi. Строки запуску проекту: Q1 2027.
Інші проекти	
• Panda Hill Carbonatite Танзанія	Родовище з апатито-пірохлоровою мінералізацією. Оцінені ресурси ~ 96 млн т з середньою концентрацією ~ 0,52 % Nb_2O_5

Таблиця 2. Співставлення виділених типів Ta-Nb проектів за їх масштабами і спеціалізацією

Критерії співставлення	**Типи проетків**	
	Pyrochlore-based	*Columbite-tantalite-based*
Геологія / сировина	Карбонатити з пірохлором (Araxa – Бразилія, Niobec – Канада)	Пегматити з колумбіт-танталітом (Австралія, Африка)
Масштаб	Дуже великі (десятки млн т запасів)	Середні/малі, часто як супутні компоненти при видобуванні літію або олова
Збагачення	Гравітація та флотація для пірохлору	Гравітація, магнітна сепарація для колумбіту-танталіту
Схема переробки	Алюмотермія (Al відновлення $Nb_2O_5 \rightarrow$ FeNb)	Хімічне розкладання ($HF/H_2SO_4/NaOH$), селективна екстракція Ta/Nb
Основний продукт	Фероніобій (FeNb, ~65% Nb)	Nb_2O_5 та Ta_2O_5 високої чистоти
Застосування	HSLA-сталі, інфраструктура, трубопроводи	Електроніка (конденсатори), медтехніка, суперсплави, спеціальні сталі
Економіка	Орієнтація на значні обсяги постачання, стабільний попит на FeNb	Висока додана вартість, залежність від нішевих ринків
Геополітичні фактори	Контроль Бразилії (~90% світового виробництва Nb)	Кращі за вмістом Ta, спеціалізоване виробництво (Австралія, Африка)

Основними факторами випливу на міжнародному ринку Ta-Nb продукції є наступне:

- Баланс попиту-пропозиції, в тому числі динаміка у виробництві сталі;
- Монополізація виробництва – за даними профільної асоціації Tantalum-Niobium International Study Center близько 90% світового попиту на Nb забезпечують три виробники, де основний продукт — фероніобій для HSLA-сталей.
- Технологічні зміни - розвиток технологій вилучення металів і зниження витрат може спричинити зменшення прибутковості за рахунок зниження ціни. Для цього пункту найбільш характерними є тенденції:
  - максимально ефективне передзбагачення (гравітація/магнітна/ сенсорне сортування), що зменшує витрати реагентів;
  - гідрометалургія при можливості переходить на безфторидні схеми;
  - SX-сепарація Ta/Nb: стандартизовані системи з адаптацією до домішок;
  - кінцеві продукти: для Nb — FeNb 65% і високоочищений Nb_2O_5 та Ta_2O_5 передбачають зростання вартості, але мають стабільну специфікацію.
- 100% імпортозалежність більшості розвинутих країн, в тому числі США та ЄС;
- Обмежена вторинна переробка металів, яка покриває лише до 20% споживання;
- Відсутність адекватних замінників, які існують, але є дорожчими або знижують властивості матеріалів.
- ESG (Environmental Social Governance) стратегія, яка вимагає простежування походження та локалізації переробки. Тут конкурентну перевагу будуть мати проекти із держпідтримкою (приклад Elk Creek) та проекти супутнього вилучення (із вилученням основних Li/Sc/Ti).

Таким чином, наступний розвиток Ta-Nb проектів пов’язаний з їх стратегічним значенням для більшості економік світу. Метали належить до переліку критичних у США та ЄС через 100% залежність від імпорту. Міжнародні ланцюги постачань є достатньо монополізованими, що надає актуальності розвитку власних проектів надрокористування у цій сфері. Близько 90% світового попиту на Nb забезпечують три виробники, і основним продуктом є фероніобій для HSLA-сталей. Головні технологічні тренди у реалізації проектів є наступні: максимально ефективне передзбагачення, використання безфторидних схем при переробці сировини, ESG стратегія, які вимагають простежування походження та локалізації переробки сировини.

Список використаних джерел:

1. Михайлов В.А., Шевченко В.І., Огар В.В., Курило М.В., Шунько В.В., Грінченко О.В., Омельчук О.В., Михайлова Л.С. Металічні корисні копалини України: Підручник. – К.: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2007. – 463 С.
2. Kanyika Niobium Project. Globe Metals & Mining//Niobium Markets — Globe Metals & Mining. Режим достуру: https://www.globemm.com/kanyika-niobium-project
3. Mineral Commodity Summury. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia. Режим доступу: https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2025/mcs2025.pdf
4. Tantalum-Niobium International Study Center //The Tantalum-Niobium International Study Center (T.I.C.). Режим доступу: https://tanb.org/

УДК 553.6

ЗАСТОСУВАННЯ РК ООН ПІД ЧАС ВЕРИФІКАЦІЇ ЗАПАСІВ РОДОВИЩ ГРАФІТУ ДЕРЖАВНОГО ФОНДУ НАДР УКРАЇНИ, ЯКІ НЕ НАДАНІ У КОРИСТУВАННЯ

Єдіна О.В., *yedinao@dkz.gov.ua,* ***Паюк С.О.,*** *golova@dkz.gov.ua,*
Бала В.В., *к. геол. н; bala@dkz.gov.ua,*
Державна комісія України по запасах корисних копалин, Київ, Україна

Поточний стан мінерально-сировинної бази України потребує актуалізації. Верифікація запасів корисних копалин, зокрема графіту, за стандартами Рамкової класифікації ресурсів Організації Об'єднаних Націй, є ключовим кроком для приведення геологічної інформації у відповідність до міжнародних вимог. Це підвищить прозорість, прискорить прийняття інвестиційних рішень і сприятиме реалізації проєктів надрокористування.

Розвиток видобутку графіту в Україні нині є стратегічно важливим напрямом, що може забезпечити значні економічні вигоди, посилити енергетичну незалежність та сприяти інтеграції країни у світові технологічні ланцюжки.

Ключові слова: Верифікація, Рамкова класифікація ресурсів Організації Об'єднаних Націй, мінеральна сировина, графіт, Державний баланс запасів корисних копалин України.

UNFC APPLICATION DURING VERIFICATION OF GRAPHITE RESERVES OF THE STATE SUBSOIL FUND OF UKRAINE THAT HAVE NOT BEEN GRANTED FOR USE

Yedina O., *yedinao@dkz.gov.ua,* ***Paiuk S.,*** *golova@dkz.gov.ua,*
Bala V., *PhD (Geol.); bala@dkz.gov.ua,*
State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine

The current status of Ukraine's mineral raw material base requires updating. The verification of mineral reserves, particularly graphite reserves, according to the United Nations Framework Classification for Resources standards, is a key step in aligning geological information with international requirements. This will increase transparency, facilitate investment decisions and support the implementation of subsoil use projects. During the verification, the primary classification features have been analysed.

The development of graphite mining in Ukraine is currently a strategic objective that can provide significant economic benefits, strengthen energy independence and facilitate the country's integration into global technology chains.

Keywords: verification, United Nations Framework Classification for Resources, mineral raw materials, graphite, State Balance of Mineral Reserves of Ukraine.

Вступ. На ринку сировинних ресурсів Україна має значні переваги завдяки потужній мінерально-сировинній базі. Цей потенціал зумовлений значними запасами багатьох видів корисних копалин і компонентів, що мають стратегічне та критичне значення не лише для України, а й для країн Європейського Союзу, США, Канади та Австралії. Потужна мінерально-сировинна база є одним із ключових чинників сталого та ефективного розвитку національної економіки, основою розвитку видобувної та переробної галузей промисловості.

За таких умов на глобальному ринку, враховуючи ресурсний потенціал України, наша держава має можливості для нарощування власних промислових потужностей, що функціонують на основі стратегічної та критичної мінеральної сировини. Це стимулюватиме економічне зростання завдяки впровадженню сучасних технологій та інтеграції в глобальні ланцюги постачання критичних матеріалів і продукції на їх основі. Особливу увагу слід приділяти збагаченню й переробці таких корисних копалин, включно з рециклінгом, що є основою інтеграції України в глобальні ланцюги створення доданої вартості.

Сьогодні Україна володіє значними покладами графіту, який є критично важливою сировиною для сучасної промисловості.

Графіт є однією з кристалічних алотропних форм вуглецю. Його кристалічна форма має шарувату гексагональну структуру, що відрізняє його від іншого різновиду вуглецю –

алмазу. Використання графіту в промисловості зумовлене його унікальними хімічними та фізичними властивостями: у металургії – завдяки високій тугоплавкості, в електроніці – завдяки високій електропровідності та хімічній стійкості, у ядерній техніці – як сповільнювач ядерних реакцій, а також у виробництві графіто-колоїдних фарб.

Широке застосування графіту в багатьох галузях свідчить про його позитивну довгострокову перспективу. Це робить його пріоритетним продуктом і відкриває значні інвестиційні можливості. Основним чинником зростання попиту на графіт є збільшення його використання в акумуляторах і дедалі ширше застосування в електромобілях. Очікується, що комерційне визнання графену на ринку створить додаткові можливості для розвитку графітової промисловості найближчим часом. Графен, по суті, є одноатомним шаром графіту. Він відіграватиме ключову роль, позитивно впливаючи на розвиток виробництва електроенергії, акумуляторів та електроніки.

Інвестиційний потенціал графіту в України ґрунтується на значних підтверджених запасах і можливості налагодження повного виробничого циклу – від видобутку до глибокої переробки. Розвиток глибокої переробки графіту є стратегічним напрямом для України, що відповідає принципам циркулярної економіки. Це означає перехід від лінійної моделі "виробив – використав – викинув" до циклічного використання ресурсів. У співпраці з Європейським Союзом розробляються стратегії впровадження циркулярних принципів, зокрема розширеної відповідальності виробника та розвитку переробки відходів. Таким чином, замість експорту дешевого графітового концентрату, Україна має виробляти очищений та сферичний графіт із високою доданою вартістю, що дозволить посилити її позиції на світовому ринку.

Попит і обмеженість запасів корисних копалин, а також їх географічне розташування на території різних держав, крім національних переліків корисних копалин та компонентів стратегічного/критичного значення, зумовлюють формування стратегічних партнерств у сфері стратегічної та критичної мінеральної сировини. Метою таких партнерств є диверсифікація джерел та гарантування безпечних шляхів постачання мінеральної сировини.

У цьому контексті слід відзначити ухвалення Європейським парламентом Регламенту Critical Raw Materials Act, що набув чинності у квітні 2024 року, а також підписання Меморандумів про взаєморозуміння між Європейським Союзом та Україною та між Урядами України та Сполучених Штатів Америки щодо співпраці у сфері зміцнення ланцюгів постачання критичних мінеральних ресурсів для енергетики, національної безпеки та економічного розвитку. Важливим сигналом для інвесторів стало також створення Інвестиційного фонду відбудови між урядами України та США.

Графіт включено до списку критичної мінеральної сировини в багатьох країнах та регіонах, зокрема: ЄС, США, Канаді, Австралії та Японії. Водночас, в Україні відповідно до прийнятої постанови КМУ від 14.07.2025 № 845 "Про затвердження переліків корисних копалин та компонентів стратегічного та критичного значення та переліків ділянок надр (родовищ корисних копалин) стратегічного та (або) критичного значення" графіт не внесений до цього переліку.

Станом на сьогодні Китай є провідною країною світу за виробництвом та запасами графіту. Китайський графітовий кластер має повний виробничий цикл і є одним із технологічних лідерів у світі. Він не тільки задовольняє потреби внутрішньої багатогалузевої промисловості, а й експортує значні обсяги продукції, домінуючи на світовому ринку графіту. За даними щорічного звіту Геологічної служби США за 2024 рік, Китай є провідним виробником графіту, на який припадає близько 77 % від загального світового виробництва. До трійки країн із найбільшими запасами та ресурсами графіту входять Китай, Бразилія та Мозамбік, а до найбільших виробників – Китай, Мадагаскар та Бразилія.

Від початку повномасштабного вторгнення росії в Україну, видобуток графіту в Україні зіткнувся з серйозними проблемами, що призвели до значного зниження обсягів

виробництва. Ризики, пов'язані з війною, відлякують іноземних інвесторів. Брак фінансування для модернізації обладнання та розвитку виробництва є серйозною перешкодою. Крім того, постійні обстріли енергетичної інфраструктури призводять до перебоїв електропостачання, що безпосередньо впливає на роботу підприємств. Водночас не можна стверджувати, що видобуток повністю припинився, адже частина підприємств продовжує працювати, хоч і в надзвичайно складних умовах.

Станом на 01.01.2025 видобуток графіту в Україні становить 15,63 тис. т графітової руди та 1,02 тис. т графіту (ділянка Південно-Східна Заваллівського родовища).

Актуальність проведеної роботи. Технологічний розвиток світових економік та їхня потреба у різноманітних мінеральних ресурсах вимагають верифікації (актуалізації) поточного стану мінерально-сировинної бази (МСБ) України.

У березні 2024 р. був представлений План України (Ukraine Facility) [11], який передбачає упродовж 2024-2027 рр. здійснення структурних реформ у державному секторі та проведення низки економічних реформ, що мають забезпечити швидке економічне зростання. Його реалізація сприятиме європейській інтеграції України та подальшому стійкому розвитку економіки держави. Зокрема, у розділі 13 цього Плану заплановано проведення перевірки та переоцінку запасів критичної сировини за допомогою міжнародних систем класифікації, для формування переліку інвестиційних проєктів, що серед іншого, зумовило виконання науково-дослідної роботи за темою: "Верифікація запасів критичних/стратегічних корисних копалин в Україні".

Робота виконана за видами мінеральної сировини, визначеними відповідно до Рішення Ради національної безпеки і оборони України від 16.07.2021 р., яке введено в дію Указом Президента України від 23.07.2021 № 306/2021. До переліку металічних руд та неметалічних корисних копалин, що мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави, увійшло 37 корисних копалин, зокрема і графіт [10].

Згідно з Загальнодержавною програмою розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року, графіт належить до категорії А. Це види корисних копалин, що інтенсивно видобуваються, характеризуються значними розвіданими запасами, а відповідна мінеральна сировина та продукція її переробки використовуються у промисловості на території України або є (чи можуть бути) предметом експорту для забезпечення надходжень до державного бюджету у стислі строки [9].

У межах Українського кристалічного щита локалізуються чотири графітоносні райони: Бердичівський, Побузький, Криворізький і Приазовський, в межах яких сформовано 6 родовищ та близько 100 проявів кристалічного графіту.

На сьогодні розробляються: ділянка Зарічна Заваллівського родовища (ТОВ "УКРАЇНСЬКА ПОСТАЧАЛЬНА ГРУПА", спеціальний дозвіл на користування надрами від 12.09.2021 № 6367); ділянка Південно-Східна Заваллівського родовища (ПАТ "ЗАВАЛЛІВСЬКИЙ ГРАФІТОВИЙ КОМБІНАТ", спеціальний дозвіл на користування надрами від 23.01.1996 № 430). Надані у користування: ділянка Південна Балахівського родовища (ТОВ "РОЗВИТОК ПОБУЖЖЯ", спеціальний дозвіл на користування надрами від 13.06.2019 № 6345); ділянка Городнявська Буртинського родовища (ТОВ "СПИС УКРАЇНИ", спеціальний дозвіл на користування надрами від 09.09.2022 № 6644).

Вихідними даними для проведення верифікації запасів корисних копалин є дані про об’єкти, що обліковуються Державним балансом запасів корисних копалин України і станом на 01.01.2024 не надані у користування. Об'єкти обліку (родовища, у т. ч. ділянки), запаси яких оцінені або затверджені протоколами ДКЗ СРСР, УкрТКЗ, ВКЗ, ЦКЗ, ДКЗ, НТР і ТР та класифіковані за іншими стандартами, які втратили чинність і не враховують соціальних та економічних класифікаційних ознак промислового освоєння родовищ корисних копалин.

Методика проведення верифікації запасів графітових об'єктів, що обліковуються в Держбалансі та не надані у користування, виконана відповідно до вимог Рамкової класифікації ресурсів Організації Об'єднаних Націй (далі – РК ООН).

Вибір РК ООН базується на вимогах Закону про критичну сировину (Critical Raw Materials Act), який прийнятий Європейською комісією, згідно з яким оцінка запасів критичної сировини повинна проводитися відповідно до РК ООН.

Характеристика класифікаційної системи, практичне застосування методики переведення та зіставлення класифікаційної системи оцінювання родовищ корисних копалин описані в роботах багатьох вчених та фахівців (Рудько Г.І. та ін., 2012; Литвинюк С.Ф., Курило М.М., 2023; Литвинюк С.Ф., 2024; Литвинюк С.Ф., Паюк С.О., 2024) [3-6].

РКООН у версії 2019 р. є класифікаційною системою проєктів освоєння ресурсів (у загальному розумінні цього терміну), що базується на таких принципах:

- екологічна та соціально-економічна життєздатність (вісь E: 3 категорії та 5 підкатегорій);
- технічна здійсненність (вісь F: 4 категорії та 12 підкатегорій);
- рівень достовірності оцінок проєктів з розробки ресурсів (вісь G: 3 категорії та 3 підкатегорії).

Ця система забезпечує надійну основу для характеристики ступеня достовірності оцінок майбутніх обсягів провадження відповідного проєкту. Під проєктом розуміється комплекс дій (заходів) з геологічного вивчення або промислового освоєння (проєктування, видобування, переробки, збагачення та реалізації товарної продукції) корисної копалини ділянки надр (родовища), що виконується з метою соціально-економічної, екологічної, технологічної, геологічної оцінки достовірності визначення класу РК ООН (життєздатні, потенційно життєздатні, нежиттєздатні й перспективні проєкти).

Під час верифікації було проаналізовано основні класифікаційні ознаки:

- геолого-промислова характеристика (загальна інформація, геологічна характеристика, методика проведених робіт з геологічного та техніко-економічного вивчення, гірничо-геологічні й інші умови розробки);
- оцінка запасів корисних копалин родовища (відомості про результати оцінки та підрахунку запасів, рік проведення, використану класифікаційну систему, застосовані параметри кондицій та інші умови оцінки).

Узагальнені результати верифікації графітових об'єктів наведені у таблиці нижче.

Результати. Відповідно до результатів верифікації (аналізу класифікаційних ознак системи РК ООН) можна зробити висновки, що проаналізовані родовища графіту (об'єкти) належать до перспективних проєктів, тобто за даних умов – інформації про джерело (ресурс) недостатньо для оцінки їх екологічної, соціально-економічної життєздатності та технічної здійсненності. Це свідчить про те, що проаналізовані об'єкти в подальшому потребують додаткового комплексу геологорозвідувальних робіт (довивчення кількості, якості й технологічних властивостей, геологічної будови, гідрогеологічних, гірничотехнічних, інженерно-геологічних та інших умов залягання покладів), а також врахування екологічної та соціально-економічної складової. Ці роботи необхідні для обґрунтування проєктних рішень щодо способу та системи видобутку, а також розробки схеми комплексної переробки мінеральної сировини.

Застосування європейських стандартів оцінки та класифікацій щодо облікованих об'єктів забезпечує прозорість та доступність геологічної інформації. Це сприятиме пришвидшенню прийняття рішень стосовно їх подальшого інвестування та реалізації як проєктів надрокористування.

Розвиток видобутку графіту в Україні нині є стратегічно важливим напрямом, що може забезпечити значні економічні вигоди, посилити енергетичну незалежність та сприяти інтеграції країни у світові технологічні ланцюжки. Використання цього потенціалу потребує державної підтримки, залучення кваліфікованих фахівців, значних інвестицій і впровадження інноваційних технологій. Реалізація таких заходів дозволить Україні

зміцнити позиції на світовому ринку мінеральної сировини, сприятиме економічному зростанню та підвищенню рівня енергетичної незалежності країни.

Таблиця. Узагальнені результати верифікації графітових об'єктів

Родовище (ділянка)	Місцезнаход-ження	Протоколи	Кількість облікованих запасів Держбалансом графітової руди/графіту (тис. т)	Код класу РК ООН		
				E	F	G
Маріупольське	Донецька область	ДКЗ СРСР від 14.12.1954 № 201	$A+B+C_1$ – 3440/135	3.2	3.2	1
			C_2 – 1347/41	3.2	3.2	2
			C_1+C_2 – 926/36 (цілик) $A+B+C_1$ – 771/13 позабалансові	3.2	3.2	2
Троїцьке	Запорізька область	ДКЗ СРСР від 14.01.1961 № 3250	$A+B+C_1$ – 2027/163	3.2	3.2	1
			C_2 – 252/14	3.2	3.2	2
			C_1 – 740/47 позабалансові	3.2	3.2	2
Заваллівське: ділянка Хутір Андріївка	Кіровоградська, Одеська області	ДКЗ СРСР від 14.02.1982 № 9100	$A+B+C_1$ – 6305/597	3.2	3.1	1
ділянка Проміжна			$A+B+C_1$ – 37 116/2282	3.2	3.1	1
			$A+B+C_1$ – 4185/264 (цілик)	3.2	3.1	2
ділянка Правобережна			$A+B+C_1$ – 5177/323	3.2	3.1	1
ділянка Південна смуга			$A+B+C_1$ – 5028/310	3.2	3.1	1
Петрівське: ділянка Власівська	Кіровоградська область	ДКЗ СРСР від 14.03.1958 № 2156	$A+B+C_1$ – 7165/515	3.2	3.2	2
			C_2 – 1696/115	3.2	3.2	3
ділянка Білі Горби		ВКЗ СРСР від 15.02.1939 № 1343	$A+B+C_1$ – 358/25	3.2	3.2	2
Буртинське: ділянка Лісова	Хмельницька область	ДКЗ від 12.04.2019 № 4756	C_2 – 22 843/1507	3.2	3.1	2
ділянка Майданська		ДКЗ від 14.11.2019 № 4964	C_2 – 25 535/1417	3.2	3.1	2

Список використаних джерел:

1. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин Державного фонду надр. (1997). Постанова Кабінету Міністрів України № 432 від 05.05.97. Офіційний вісник України, 19, 104.

2. Кодекс України "Про надра" від 27.07.1994 р. № 132/94. (1994). Відомості Верховної Ради України, 36, 340.

3. Курило М.М., Паюк С.О., Литвинюк С.Ф. (2024). Практика оцінки проектів надрокористування в міжнародних класифікаційних системах. Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. Матеріали Дев'ятої міжнародної науково-практичної конференції (2024 р., м. Львів). Том 1. – К.: ДКЗ. С.144-148.

4. Литвинюк С.Ф., Паюк С.О. (2024) Застосування критеріїв рамкової Класифікації ресурсів ООН під час оцінки, обліку та управління мінеральними ресурсами України. Мінеральні ресурси України. (1), 28–34.

5. Литвинюк С. (2024). Практичне застосування методики узгодження та зіставлення різних класифікаційних систем оцінки мінеральних ресурсів на прикладі вітчизняних родовищ графіту та міді. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія, 3 (106). 62-68.

6. Паюк С.О., Литвинюк С.Ф., Багрій І.Б. (2025). Збалансоване формування мінерально-сировинної бази критичних/стратегічних корисних копалин та їх оцінка (верифікація) як пріоритет геологічної галузі України. Мінеральні ресурси України. (2), 3–5.

7. План для 2024–2027 Ukraine Facility (2024).

8. Порядок обліку родовищ, запасів і проявів корисних копалин: постанова Кабінету Міністрів України від 31.01.1995 № 75.

9. Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року: Закон України від 21.04.2011 № 3268-VI.

10. Рішення Ради національної безпеки України від 16.07.2021 р., введеного в дію Указом Президента України від 23.07.2021 р. № 306/2021.

11. United Nations Framework Classification for Resources (UNFC) (2019).

УДК 553.673:53/54+691.421(477)

ПРО МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТАЛЬКОВИХ СЛАНЦІВ ІНГУЛЕЦЬКОГО РОДОВИЩА ЗАЛІЗИСТИХ КВАРЦИТІВ КРИВБАСУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЦЕГЛИ

***Струтинська К.С.*[1]**, *katerinazt2009@gmail.com,*
***Паламарчук І.О.*[2]**, *Заслужений природоохоронець України,*
1 – Державна комісія України по запасах корисних копалин, Київ, Україна,
2 – ФОП Паламарчук І.О., Київ, Україна

На основі вивчення фізико-хімічного складу та фізико-механічних властивостей розглядається можливість використання талькових сланців розкривних порід Інгулецького залізорудного родовища для виготовлення керамічної цегли.

Ключові слова: Кривий Ріг, Криворізький залізорудний басейн, Інгулецьке залізорудне родовище, талькові сланці, можливість використання, керамічна цегла.

ON THE POSSIBILITY OF UTILISING TALC SHALES FROM THE INHULETSKE DEPOSIT OF FERRUGINOUS QUARTZITES OF THE KRYVBAS FOR BRICK PRODUCTION

***Strutynska K.S.*[1]**, *katerinazt2009@gmail.com,*
***Palamarchuk I.O.*[2]**, *Honoured Nature Conservationist of Ukraine,*
1 – State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine,
2 – Individual entrepreneur Palamarchuk I.O., Kyiv, Ukraine

Based on the study of the physical and chemical composition and physical and mechanical properties, the possibility of utilisng talc shales from the overburden rocks of the Inhuletske iron ore deposit for the ceramic brick production has been considered.

Keywords: Kryvyi Rih, Kryvyi Rih iron ore basin, Inhuletske iron ore deposit, talc shale, possibility of utilisation, ceramic brick.

Вступ. Інгулецьке залізорудне родовище розташоване в південній частині міста Кривий Ріг (рис. 1) і розробляється кар'єром Інгулецького гірничо-збагачувального комбінату (далі – ІнГЗКа) [7]. Наразі глибина кар'єру сягає 400 м, його довжина – 3,5 км, ширина – 2,4 км. Під час розробки родовища у відвали насипаються різноманітні осадові та кристалічні породи. Відвали займають значні площі і містять сировину, яка може в майбутньому використовуватися в різних галузях промисловості. У відвали вивозять також і значні обсяги талькових сланців, потужний пласт яких розкрито східним бортом кар'єра ІнГЗК.

Від початку відпрацювання Інгулецького залізорудного родовища талькові сланці постійно перебувають у центрі уваги різних дослідницьких робіт. Неодноразово вивчали умови їхнього залягання, генезис, мінеральний і хімічний склад, підраховували запаси. Основні дослідження талькових порід ІнГЗКа були спрямовані на з'ясування можливості їх використання в різних галузях промисловості. Проводилися дослідження на можливість використання талькових сланців для виготовлення меленого тальку; як наповнювача під час виготовлення пластмас, поліхлорвінілової плитки, гуми, інсектицидів, емалей і ґрунтовок; для виробництва різних безлужних стекол і склометалевих матеріалів; з метою отримання з них шлакоситалів; з метою їх використання при виробництві портландцементу, шлакопортландцементу та шлакового цементу підвищеної активності; проводилися дослідницькі роботи щодо можливості використання талькових сланців для обмазування електродів та інші. [1, 2, 4, 5, 6].

У цій статті викладено результати використання талькових сланців у суміші з суглинками під час виробництва керамічної цегли.

Таким чином, метою даної статті є опублікування результатів науково-дослідних робіт, спрямованих на з'ясування можливості використання талькових сланців ІнГЗКа для виробництва цегли.

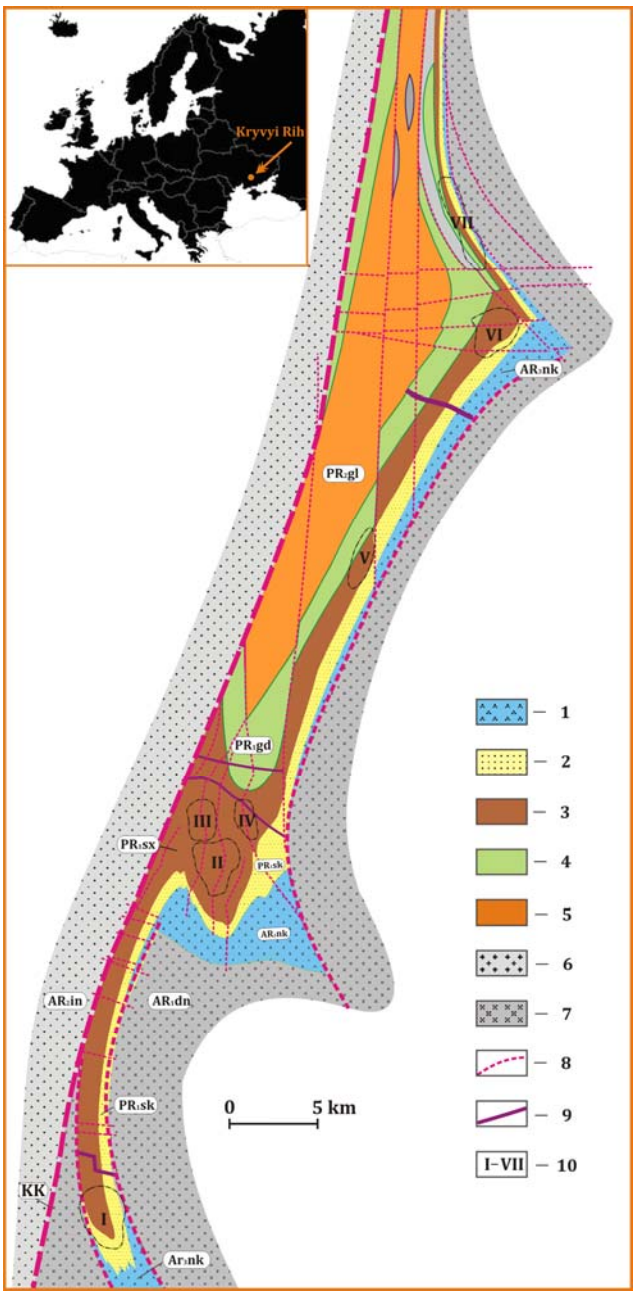


Рис. 1. Геологічна позиція Інгулецького родовища у структурі Криворізького залізорудного басейну [7]. Арабськими цифрами позначено: 1 – породи новокриворізької світи, 2 – породи скелеватської світи, що включають пласт талькових сланців, 3 – породи саксаганської світи, 4 – породи гданцівської світи, 5 – породи глеюватської світи, 6 – інгулецькі мігматити, 7 – саксаганські плагіограніти, 8 – розривні порушення та поверхні стратиграфічних неузгодженостей, 9 – діабазові дайки. Римськими цифрами позначено кар'єри з видобутку залізної руди: I – кар'єр Інгулецького гірничо-збагачувального комбінату, II – кар'єр Південного гірничо-збагачувального комбінату, III та IV – кар'єри Новокриворізького гірничо-збагачувального комбінату, V – кар'єр Центрального гірничо-збагачувального комбінату, VI – Першотравневий кар'єр Північного гірничо-збагачувального комбінату, VII – Ганнівський кар'єр Північного гірничо-збагачувального комбінату, КК – Криворізько-Кременчуцький глибинний розлом.

Коротка геологічна характеристика ділянок Інгулецького залізорудного родовища, які будуть використовуватися для видобутку сировини при виробництві цегли. Оскільки під час виготовлення цегли з талькових сланців, що вилучаються під час видобутку залізної руди, в кар'єрі ІнГЗКа будуть використовуватися і суглинки, які також є розкривними породами Інгулецького родовища, то для вивчення в кар'єрі ІнГЗКа обрали дві ділянки – ділянку-1, яка охоплює товщу четвертинних суглинків, і ділянку-2, в якій

розкрито пласт архейських талькових сланців. Ці ділянки розташовані на замиканні Лихманівської синкліналі, яка простягається вздовж правого берега річки Інгулець. У межах цієї синкліналі й розташоване Інгулецьке родовище залізистих кварцитів. Геологічну будову цього родовища відображено на рис. 2 і 3.

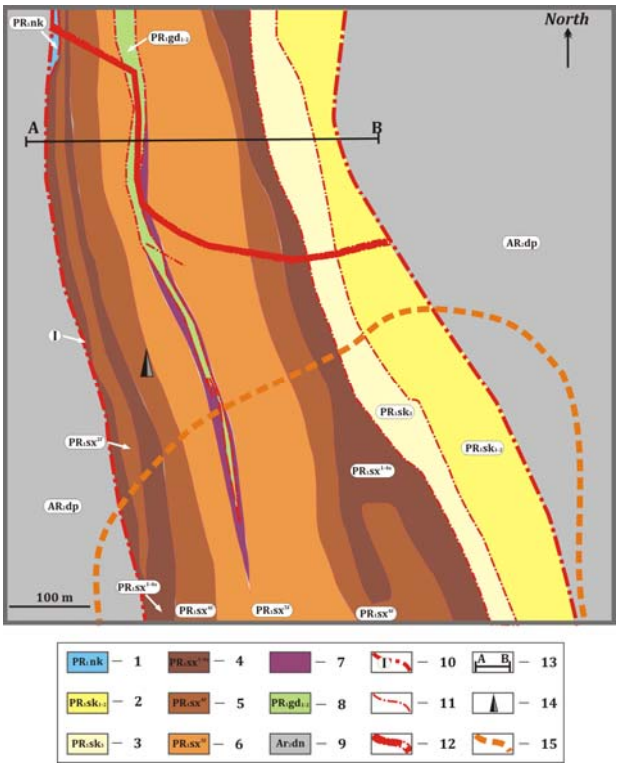


Рис. 2. Геологічна будова Інгулецького родовища [1]. Цифрами позначено:
1 – породи новокриворізької світи, 2 – метапісковики й філіти нижньої та середньої частини скелеватської світи, 3 – талькові сланці верхньої частини скелеватської світи,
4 – породи об'єднаних першого-четвертого сланцевих горизонтів саксаганської світи,
5 – залізисті кварцити четвертого залізистого горизонту саксаганської світи, 6 – залізисті кварцити п'ятого залізистого горизонту саксаганської світи, 7 – багаті гематит-мартит-мартитові залізні руди, 8 – породи гданцівської світи, 9 – інгулецькі мігматити і саксаганські плагіограніти,
10 – Західний глибинний розлом, 11 – розривні порушення, 12 – діабазова дайка, 13 – лінія геологічного розрізу, 14 – шахта Центральна, 15 – контур кар'єра Інгулецького гірничо-збагачувального комбінату [1]. I – ділянка в борту кар'єра, де відбувалося опробування талькових сланців.

Лихманівська синкліналь є великою складкою меридіонального напрямку, що відкривається на північ. Ця синкліналь має круте східне крило, що падає на захід під кутом 70-75°, і більш пологе західне крило, що падає у східному напрямку під кутом 45-60°. Із західного і східного боків породи Лихманівської синкліналі контактують із плагіогранітами і мігматитами палеоархейського дніпропетровського комплексу. Замок синкліналі в розрізі має коритоподібну форму, ускладнену дрібною складчастістю. По бортах синкліналі чітко простежуються великі регіональні розривні порушення. Ширина синкліналі в межах Інгулецького родовища сягає 1300 м. Ширина Лихманівської синкліналі зменшується як на північ, так і на південь від родовища. Біля північної межі Інгулецького родовища ширина синкліналі дорівнює 800 м, біля південної – 600 м. Геологічний розріз Лихманівської синкліналі включає породи архейсько-протерозойської криворізької серії наступних світ: архейської новокриворізької, архейської скелеватської, протерозойської саксаганської та протерозойської гданцівської. У південній частині родовища породи всіх цих світ січуться діабазовою дайкою протерозойського віку [1, 3].

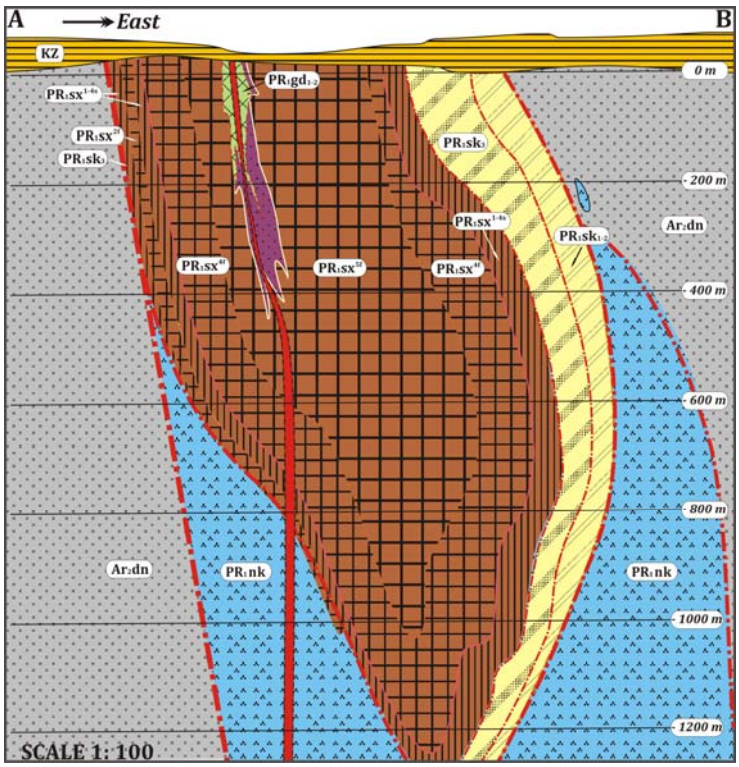


Рис. 3. Геологічний розріз по лінії А-В Лихманівської синкліналі в межах Інгулецького залізорудного родовища [1]. Умовні позначення як на рисунку 2.

Ділянка-1 (суглинки) примикає з північного заходу до кар'єру ІнГЗК і частково розкривається кар'єром. Ця ділянка розташована між маркшейдерськими осями 62 і 78 кар'єра ІнГЗК. Із заходу ділянка обмежена маркшейдерською віссю 31, зі сходу – бортом кар'єру. Найбільша абсолютна відмітка ділянки дорівнює плюс 101 м, найменша – плюс 66,5 м. Відзначається невеликий ухил ділянки в північно-східному напрямку.

Розвідка ділянки здійснювалася за допомогою буріння свердловин, які на всю потужність пробурювали товщу четвертинних суглинків. Суглинки лесоподібні світло-жовтого, палево-жовтого, жовто-бурого та червоно-бурого кольорів, середньопластичні. Їхня потужність змінюється від 15,6 м до 27,5 м (середня 19,5 м). За своїми фізико-механічними властивостями всі типи суглинків ідентичні і можуть бути використані для виробництва цегли без поділу їх на різновиди. Розкривними породами на цій ділянці є ґрунтово-рослинний шар, потужність якого дорівнює 0,1-0,9 м.

Ділянка-2 (талькові сланці) являє собою смугу завширшки 40-60 м, що простягається по простяганню горизонту талькових сланців Інгулецького родовища та розташована в зоні діючого кар'єру в межах горизонтів від 0 м до плюс 45 м. Південна частина цієї ділянки розкрита і виходить на денну поверхню в борту кар'єра. Північна частина ділянки перекрита осадовими породами, що переважно складаються з неогенових вапняків, максимальна потужність яких сягає 30 м. У північній частині ділянки свердловинами було розкрито тільки нижню частину порід криворізької серії, до якої і приурочені талькові сланці. У стратиграфічному плані цю частину представлено (від низу до верху): аркозово-філітовим горизонтом скелеватської світи, тальковим горизонтом скелеватської світи і першим сланцевим горизонтом саксаганської світи.

Аркозово-філітовий горизонт підстилає талькові сланці та представлений слюдистими кварцитами, метапісковиками і кварц-серицитовими сланцями (філітами). Спостерігається повсюдне перешаровування цих типів порід. Потужність цього горизонту змінюється від 60 м до 170 м.

Тальковий горизонт представлений тальковими сланцями. Породоутворюючими мінералами сланців є тальк, хлорити, амфіболи та карбонати. Залежно від переважання того чи іншого породоутворюючого мінералу виділяють різні різновиди талькових

сланців: хлорит-талькові, тальк-хлоритові, тальк-хлорит-карбонатні та інші. Чіткого поділу за простяганням різних різновидів талькових сланців не спостерігається. Потужність талькових сланців змінюється від 2 м на півночі ділянки до 60 м на півдні ділянки.

Перший сланцевий горизонт перекриває талькові сланці і в межах ділянки представлений хлорит-біотитовими, гранат-біотитовими та амфібол-гранат-біотитовими сланцями. У сланцях іноді присутні кварцові прошарки потужністю 1-3 см.

Методика та обсяг геолого-розвідувальних робіт. Попередня розвідка ділянки-1 і ділянки-2 виконана за технічним завданням Інгулецького ГЗК. Метою цього завдання було визначення можливості використання талькових сланців і суглинків як сировини для виробництва керамічної цегли.

Розвідку ділянок вели буровими свердловинами. На ділянці-1 було пробурено сім свердловин (129 погонних метрів). На ділянці-2 було пробурено 12 свердловин (1727 погонних метрів). На ділянці-1 відстань між свердловинами становила від 180 м до 320 м; на ділянці-2 – за простяганням – від 135 м до 240 м, за падінням – 50-90 м. За всіма свердловинами було проведено опробування керну.

На ділянці-1 інтервал відбору проб коливався від 0.5 м до 3 м (середнє 2 м). Усього було відібрано 54 проби. За цими пробами було визначено: гранулометричний склад суглинків, пластичність, вміст грубозернистих частинок і визначено коефіцієнт чутливості до сушіння.

На ділянці-2 інтервал відбору проб змінювався від 3 м до 6 м, переважав інтервал 4,5-5 м. За цими пробами було проведено визначення фізико-механічних властивостей талькових сланців та їхній хімічний склад. Було зроблено 105 хімічних аналізів талькових сланців і 23 аналізи для виявлення їхніх фізико-механічних властивостей.

Для технологічних опробувань із борту кар'єра було відібрано дві проби. Загальна вага кожної проби становила 3 тони. Технологічні опробування були проведені на Луганському цегельному заводі, а опробування готової продукції були проведені у Львівській філії науково-виробничого об'єднання "Будматеріали".

Якісна характеристика талькових сланців. У зв'язку з тим, що талькові сланці не використовуються у виробництві кераміки, то на даний момент відсутні будь-які технічні умови. У результаті цього оцінка якості сировини була проведена за тимчасовими технічними умовами, розробленими Львівською філією НВО "Будматеріали".

Основні вимоги до сировини за тимчасовими технічними умовами такі: міцність на стиск щебеню з талькових сланців – не більш як 400 кгс/см^2; хімічний склад: SiO_2 – 30-55 %, Al_2O_3 – 5-18 %, Fe_2O_3 + FeO – 5-15 %, CaO – до 8 %. MgO – 14-28 %; вміст сірки не повинен перевищувати 6 %.

За результатами мінералогічних і петрографічних аналізів талькових сланців було виокремлено їх різновиди: хлорит-талькові, амфібол-карбонат-хлорит-талькові, тальк-карбонат-хлорит-амфіболові, хлорит-амфіболові, актиноліт-серпентинові та актиноліт-карбонат-серпентин-біотитові сланці та інші.

Для всіх цих різновидів сланців характерне сірувато-зелене і зеленувато-сіре забарвлення. Текстура сланців здебільшого сланцевата, тонкосланцевата. Іноді відзначаються ділянки з брекчеєподібною текстурою з численними різноорієнтованими тріщинами. Тріщини заповнені хлоритом і карбонатом. Мінералогічний склад талькових сланців наведено в табл. 1.

З табл. 1 видно, що товща талькових сланців складена такими породоутворюючими мінералами: тальком, хлоритом, амфіболом, актинолітом, карбонатом, серпентином і біотитом. Залежно від переважання того чи іншого мінералу і були виділені різні різновиди талькових сланців. У товщі талькових сланців, як за простяганням, так і за глибиною закономірності в розподілі різних різновидів сланців відсутні.

Таблиця 1. Мінералогічний склад талькових сланців ділянки 2 Інгулецького родовища*

Різновиди сланців	Мінеральний склад талькових сланців (%)										
	Тальк	Хлорит	Карбонат	Амфібол	Серпентін	Біотит	Актиноліт	Сфен	Циркон	Ільменіт	Сульфіди
Х-Т, А-Х-Т, А-К-Х-Т	55-80	15-30	2-15	2-10	-	-	-	п.з.	п.з.	п.з.	п.з.
Т-Х	25-35	55-65	4-5	2-5	-	-	-	п.з.	п.з.	п.з.	п.з.
А-Х	-	60-65	-	15-30	5-10	0-5	-	п.з.	п.з.	п.з.	п.з.
А-К-Т-Х	25-30	45-60	10-22	5-10	0-5	-	-	п.з.	п.з.	п.з.	п.з.
Т-К-Х-А	8-12	20-35	10-25	55-70	0-5	0-4	-	-	-	п.з.	п.з.
Х-А	2-5	30	4	65-70	-	-	-	-	п.з.	п.з.	-
А-С	2-8	5-15	3-10	-	40-55	-	25-30	-	-	-	-
А-К-С-Б	-	2-5	15-20	-	20-25	40-45	10-15	-	п.з.	-	-

Примітка. Різновиди сланців: Х-Т – хлорит-талькові, А-Х-Т – амфібол-хлорит-талькові, А-К-Х-Т – амфібол-карбонат-хлорит-талькові, Т-Х – тальк-хлоритові, А-Х – амфібол-хлоритові, А-К-Т-Х – амфібол-карбонат-тальк-хлоритові, Т-К-Х-А – тальк-карбонат-хлорит-амфіболові, Х-А – хлорит-амфіболові, А-С – актиноліт-серпентинові, А-К-С-Б – актиноліт-карбонт-серпентин-біотитові; п.з. – поодинокі зерна.

*за матеріалами лабораторії Криворізького Національного університету.

Хімічний склад талькових сланців. Хімічний склад талькових сланців було виявлено за їхніми всіма різновидами. Результати хімічних аналізів проб наведено в табл.2.

Таблиця 2. Хімічний склад талькових сланців ділянки 2 Інгулецького родовища*

Значення показників з проб	Зміст компонента (%)											
	SiO_2	Fe_2O_3	$FeO_{заг}$	Al_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	$S_{заг}$	P	п.п.п.
Хлорит-тальк-карбонатний сланець												
Мінімальне	31,94	1,43	4,39	7,68	16,1	0,22	0,02	0,0	0,35	0,009	0,001	8,84
Максимальне	49,8	9,0	11,99	15,66	25,6	4,7	0,27	0,63	0,74	1,035	0,014	11,49
Хлорит-тальковий сланець												
Мінімальне	38,18	1,14	3,48	7,25	10,3	0,44	0,05	0,0	0,18	0,046	0,002	8,46
Максимальне	46,4	17,57	9,42	11,02	26,62	6,03	0,33	0,78	0,62	0,845	0,16	12,61
Актиноліт-хлорит-тальковий сланець												
Мінімальне	39,68	0,71	8,0	7,39	24,38	0,29	0,0	0,0	0,35	0,068	0,011	8,24
Максимальне	52,64	1,43	10,06	8,41	26,63	3,38	0,36	0,27	0,52	0,348	0,105	12,76
Актиноліт-хлоритовий сланець												
По пробі	45,12	6,28	4,77	13,62	18,16	1,1	0,04	0,25	0,62	0,012	0,01	10,81
Актиноліт-карбонат-хлорит-тальковий сланець												
Мінімальне	39,84	0,86	7,35	5,13	16,32	0,66	0,02	0,0	0,30	0,066	0,006	8,65
Максимальне	48,64	2,0	9,67	10,68	27,74	6,03	1,46	0,38	0,52	0,593	0,028	13,47
Актиноліт-карбонат-серпентин-біотитовий сланець												
По пробі	47,9	1,28	7,74	6,23	23,36	5,73	0,62	1,14	0,42	0,111	0,031	6,23
Тальк-хлорит-актинолітовий сланець												
По пробі	43,88	1,43	8,25	7,83	24,58	4,41	0,08	0,1	0,52	0,181	0,027	8,51
Тальк-актиноліт-серпентин-карбонатний сланець												
Мінімальне	42,0	1,0	8,13	5,6	24,58	5,0	0,08	0	0,42	0,150	0,013	11,18
Максимальне	42,26	1,71	8,51	5,8	25,1	6,17	0,24	0,15	0,42	0,277	0,180	11,48
Карбонат-актиноліт-хлорит-тальковий сланець												
Мінімальне	40,0	0,86	8,51	7,1	21,28	3,53	0,08	0,1	0,32	0,135	0,012	10,53
Максимальне	42,4	1,43	8,9	7,54	25,09	5,0	0,24	0,38	0,40	0,212	0,016	12,98
Актиноліт-серпентин-хлоритовий сланець												
Мінімальне	44,72	1,43	7,74	6,52	25,19	3,09	0,05	0	0,44	0,134	0,015	8,7
Максимальне	45,32	1,57	8,64	6,81	25,91	3,53	0,05	0	0,50	0,227	0,042	10,2
Актиноліт-карбонат-серпентин-тальковий сланець												
Мінімальне	39,62	0,86	8,26	6,23	25,5	2,5	0,07	0,15	0,32	0,160	0,011	9,91
Максимальне	41,82	1,71	8,64	8,12	27,03	5,29	0,2	0,75	0,42	0,545	0,013	11,48
Актиноліт-серпентин-тальк-карбонатний сланець												
Мінімальне	42,34	0,85	8,13	7,68	23,76	2,65	0,05	0	0,34	0,033	0,006	7,8
Максимальне	44,1	1,57	9,29	9,28	25,7	6,22	0,2	0,56	0,42	0,133	0,013	9,83

Карбонат-серпентин-актиноліт-тальковий сланець												
Мінімальне	41,34	0,28	8,25	5,8	24,28	3,89	0,02	0,1	0,28	0,067	0,003	11,51
Максимальне	41,60	1,86	9,16	7368	25,3	5,58	0,1	0,26	0,42	0,258	0,016	14,42
Карбонат-тремоліт-хлорит-тальковий сланець												
Мінімальне	41,88	0,71	5,16	6,23	13,36	0	0	0	0,32	0,044	0,005	8,47
Максимальне	62,4	4,43	13,93	8,84	26,52	2,5	0,33	1,6	0,50	0,288	0,058	11,24

*за матеріалами лабораторії Криворізького Національного університету.

Аналіз результатів хімічних аналізів талькових сланців ділянки-2 Інгулецького родовища показує, що вони дуже однорідні та витримані за своїм хімічним складом.

Вміст основних оксидів у талькових сланцях коливається в таких межах (у відсотках): SiO_2 – 31,94-42,84, середнє 43,46; Fe_2O_3 – 0,28-8,43, FeOзг – 3,48-13,92, середнє за оксидами заліза – 10,22; Al_2O_3 – 5,13-13,62, середнє 8,03; MgO – 10,3-27,74, середнє 24,36 %; CaO – 0-6,22, середнє 2,77 %.

Помічено, що мінімальні значення MgO (10,3-16 %) характерні для приконтактових різновидів талькових сланців. Підвищені значення CaO і одночасно знижені значення SiO_2 і Al_2O_3 відзначаються тільки в карбонатних різновидах талькових сланців.

Фізико-механічні властивості талькових сланців. Фізико-механічні властивості талькових сланців визначено майже за всіма їхніми різновидами. Всього вивчено 23 проби. За кожною пробою проведено по п'ять визначень. Було визначено: об'ємну масу, істинну об'ємну вагу, пористість, вологість і водопоглинання. Крім цього, за тими зразками, де це було можливо, було визначено межу міцності на стиск у сухому і водонасиченому стані. Отримані результати наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Фізико-механічні показники талькових сланців ділянки-2 Інгулецького родовища за 23 пробами*

ОМ (гр/см³)	ИП (гр/см³)	Пр (%)	Вл (%)	Вд (%)	ПП (кг/см³)	
					СхС	ВлС
Хлорит-тальк-карбонатний сланець						
1,76	2,89	38,95	0,74	63,16	-	-
1,98	2,85	30,36	0,62	46,41	-	-
1,91	2,85	33,21	2,36	48,67	15	-
1,67	2,72	38,79	1,17	-	-	-
2,05	2,87	28,59	2,5	-	-	-
2,22	2,89	23,38	0,32	5,0	34	10
Актиноліт-хлорит-тальковий сланець						
2,52	2,99	15,78	0,10	3,82	35	22
2,67	2,96	9,96	0,12	1,34	66	55
2,79	3,01	7,07	0,08	1,11	160	110
2,84	2,88	2,14	0,07	-	256	-
Актиноліт-карбонат-хлорит-тальковий сланець						
2,79	2,9	3,91	0,02	0,26	62	
2,85	2,9	1,65	0,01	-	84	
2,84	2,88	1,59	0,06	-	178	
Карбонат-серпентин-актиноліт-тальковий сланець						
2,8	2,92	4,11	0,09	0,67	114	69
Тальк-хлорит-актинолітовий сланець						
2,84	2,90	2,0	0,07	-	313	-
2,85	2,96	3,85	0,05	-	231	-
2,89	2,96	2,43	0,06	-	332	-
Актиноліт-карбонат-серпентин-тальковий сланець						
2,83	2,90	2,34	0,07	-	181	-
2,83	2,92	2,94	0,08	-	272	-
Хлорит-тальковий сланець						
2,82	2,90	2,75	0,09	0,54	41	20
2,61	2,94	11,21	0,05	1,51	58	41
2,81	2,91	3,36	0,03	0,31	96	51
2,79	2,91	4,12	0,11	0,81	71	38

Примітка. У таблиці символами позначено: ОМ – об'ємна маса, ІП – істинна об'ємна вага, Пр – пористість, Вл – вологість, Вд – водопоглинання, ПП – межа міцності під час стиснення (СхС – у сухому стані, ВлС – у водонасиченому стані).

*за матеріалами лабораторії Криворізького Національного університету.

За результатами аналізів видно, що в талькових сланцях об'ємна маса та істинна об'ємна вага змінюються в широких межах. Найбільшими значеннями цих показників характеризуються карбонат-серпентин-актиноліт-талькові та актиноліт-хлорит-талькові сланці. За ступенем вологості талькові сланці належать здебільшого до вологих порід. Цей факт пояснюється їхньою високою пористістю. Найбільш пористими сланцями є хлорит-тальк-карбонатні сланці. Але, іноді в тальковій товщі зустрічаються інтервали, які характеризуються високою пористістю незалежно від різновидів сланців. Показники міцності сланців залежать значною мірою від їхнього мінерального складу, структури, текстури та деяких інших чинників. Підвищені показники міцності характерні для актиноліт-карбонат-хлоритових, тальк-хлорит-актинолітових і актиноліт-карбонат-серпентин-талькових сланців.

Напівзаводські опробування талькових сланців і суглинків. З метою придатності талькових сланців і суглинків Інгулецького родовища для виготовлення цегли було відібрано дві проби для технологічних опробувань. Проба 1 – це суглинки, проба 2 – талькові сланці. Проби були відібрані з борту кар'єра ІнГЗК. Вага кожної проби дорівнювала 3 т.

На заводі Львівської філії НВО "Будматеріали" для випробувань було складено шихту, що містила 55 % суглинків і 45 % талькових сланців, відібраних із борту кар'єра ІнГЗКа. З цієї шихти було виготовлено цеглу. Відформовану цеглу піддавали сушінню (30 годин), а потім обпалювали (максимальна температура випалу становила 940°, тривалість випалу – 90 годин). Брак при сушінні та випалюванні був відсутній. З партії отриманої цегли відібрано 100 цеглин для випробувань. Результати випробування цих цеглин такі (середні значення): механічна міцність на стиск – 125,2 кгс/см^2, механічна міцність на вигин – 18,8 кгс/см^2, водопоглинання – 14,3 %, об'ємна маса – 1399,6 кг/м^3, морозостійкість – 15.

Отримана щілинна цегла відповідає вимогам державних стандартів "Цегла і каміння керамічні" для цегли марки "125".

Висновки. Якість талькових сланців і суглинків Інгулецького родовища залізистих кварцитів дає змогу виготовляти щілинну цеглу з шихти, складеної на 55 % із суглинків і 45 % із талькових сланців. У промислових умовах може бути отримано цеглу марки "125", яка відповідає вимогам державних стандартів "Цегла і каміння керамічні". Це означає, що вона підходить для будівництва малоповерхових (до 4-5 поверхів) та інших несучих конструкцій, де потрібна висока міцність та довговічність. Має високу довговічність, морозостійкість (часто від F-25 до F-35), відмінну адгезію (добре зчіплюється з розчином) та є екологічно безпечною, оскільки виготовлена з натуральних матеріалів.

Таким чином, цегла М-125 є універсальним та надійним будівельним матеріалом, що відповідає встановленим нормам для зведення різноманітних споруд, що відповідатиме ДСТУ Б В.2.7-61:2008 Будівельні матеріали. Цегла та камені керамічні рядові і лицьові. Технічні умови (EN 771-1:2003, NEQ).

Список використаних джерел:

1. Аххозов Ю.Л. 1989. Дослідження та розробка технологічних рішень щодо використання розкривних порід Інгулецького родовища для виробництва крихти, брекчієвої плитки, обмазки електродів та цементу. Звіт про науково-дослідну роботу. м. Кривий Ріг. Науково-дослідний гірничо-рудний інститут. С. 1-92.

2. Галецький Л.С., Почтаренко В.І. 1988. Техніко-економічне обґрунтування тимчасових кондицій та детальної розвідки цегляної сировини у розкривних породах Інгулецького родовища залізистих кварцитів м. Кривого Рогу Дніпропетровської області УРСР. Київ. Управління Укргеології. Центральна тематична експедиція С. 1-66.

3. Дендюк Т.В. 1989. Розробка та випробування в напівпромислових умовах технології збагачення тальковмісних руд ІнГЗК. Звіт про науково-дослідну роботу. Кривий Ріг. С. 1-139.

4. Дядечкін Н.І., Борисенко В.Г., Гладких В.І. та ін. 1991. Вивчення можливості використання талькових сланців у лакофарбовій промисловості та амфіболітів підземного видобутку у будівництві. Звіт про науково-дослідну роботу. Кривий Ріг. Науково-дослідний гірничо-рудний інститут. С. 1-38.

5. Каган В.Г. 1966. Результати дослідно-випробувальних робіт з вивчення талькових порід Криворізького басейну з метою визначення можливості їх використання у виробництві. Звіт про науково-дослідну роботу № 10783. Кривий Ріг Кривой Рог. Геологорозвідувальна експедиція "Кривбасгеологія" . С. 1-90.

6. Петрусенко І.Ю. 2004. Технічна та економічна доцільність використання талькових сланців. Геотехнічна механіка. Випуск 51. Дніпропетровськ. ІГТМ НАНУ. С. 163-169.

7. Berezovsky Anatolyi, Pieczonka Jadwiga, Piestrzynski Adam. 2021. Silver-gold and polymetallic mineralization in the banded iron formations deposit in Kryvyi Rih, Ukraine. Precambrian Research. 363. Pp. 1-20.

УДК 553.6

СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗРОБКИ РОДОВИЩ КАЛІЙНИХ СОЛЕЙ ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ, ЯК КРИТИЧНОЇ МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ, ЩО МАЄ СТРАТЕГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ ТА ОБОРОНОЗДАТНОСТІ ДЕРЖАВИ

Петришин В.Ю., *geology1982@ukr.net,* ***Паюк С.О.,*** *golova@dkz.gov.ua,*
Державна комісія України по запасах корисних копалин, м. Київ, Україна

Сучасний стан і перспективи розробки родовищ калійних солей західного регіону України, як критичної мінеральної сировини, що має стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави. Одержання даних про ресурсний потенціал країни, що є необхідним для вироблення стратегічних рішень щодо розширення мінерально-сировинної бази, для оптимізації процесу надрокористування і формування інвестиційної політики, для прийняття оперативних рішень з напрямків першочергових геологорозвідувальних робіт.

Ключові слова: геологія корисних копалин, критична і стратегічна мінеральна сировина, геолого-економічна оцінка, промислове використання, геологічна будова, калійна сіль.

CURRENT STATUS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF POTASSIUM SALT DEPOSITS IN THE WESTERN REGION OF UKRAINE AS A CRITICAL MINERAL RAW MATERIAL OF STRATEGIC SIGNIFICANCE FOR THE SUSTAINABLE ECONOMIC DEVELOPMENT AND THE STATE'S DEFENCE CAPABILITY

Petryshyn V., *geology1982@ukr.net,* ***Paiuk S.,*** *golova@dkz.gov.ua,*
State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine

The current status and prospects for the development of potassium salt deposits in the Western region of Ukraine as a critical mineral raw material of strategic significance for the sustainable economic development and the state's defence capability have been studied. Data on the country's resource potential, which is crucial for the strategic decision-making regarding the mineral raw material base expansion, the subsoil use process optimisation and the investment policy development, as well as the operational decision-making regarding priority geological exploration fields, has been obtained.

Keywords: mineral geology, critical and strategic mineral raw materials, geological and economic assessment, industrial use, geological structure, potassium salt.

Вступ. Прикарпаття має значні соляні ресурси, що становлять мінерально-сировинну базу агрохімічної, хімічної, харчової та інших галузей промисловості України.

Калійні солі є важливими для України і єдиним джерелом сульфатної калійної сировини для виробництва надзвичайно потрібних для сільського господарства добрив – сульфату калію (вміст K_2O 48–50 %) і калімагнезії (вміст K_2O 30 %). Основні запаси солей зосереджені у Передкарпатському регіоні, який перспективний як для експлуатації наявних калійних родовищ, так і для подальшого розвитку сировинної бази.

Розвиток калійної промисловості та власної мінеральної бази калійних добрив в Україні є вкрай актуальним.

У 2021 р. Рада національної безпеки і оборони України прийняла рішення від 16.07.2021 року (введено в дію Указом Президента України від 23.07.2021 № 306/2021) "Про стимулювання пошуку, видобутку та збагачення корисних копалин, які мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави", в якому схвалила перелік металічних руд та неметалічних корисних копалин, які мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави, зокрема до цього переліку увійшла сіль калійна.

Планом підтримки України від Європейського союзу Ukraine Facility на 2024-2027 роки передбачено, що Україна продовжить розвивати національну політику та нормативно-правову базу в секторі критичних матеріалів і сировини, зокрема шляхом розроблення та ухвалення Національної геологічної стратегії. Крім того, заплановано проведення перевірки

та переоцінку запасів критичних матеріалів і сировини за допомогою міжнародних систем класифікації, зокрема Рамкової класифікації ресурсів Організації Об'єднаних Націй (далі – РКООН).

Відповідно до плану Ukraine Facility на 2024-2027 роки та листа Державної служби геології та надр України від 03.12.2024 № 4624/05-2/2-24 Державною комісією України по запасах корисних копалин виконано науково-дослідні роботи за темою: "Верифікація запасів критичних/стратегічних корисних копалин в Україні" (37 корисних копалин відповідно до рішення Ради національної безпеки і оборони України від 16.07.2021 р.) з урахуванням міжнародних систем класифікації, зокрема проведена верифікація родовищ (ділянок надр) калійної солі.

14 липня 2025 року Кабінет Міністрів України ухвалив постанову від 14.07.2025 № 845 "Про затвердження переліків корисних копалин та компонентів стратегічного та критичного значення і переліків ділянок надр (родовищ корисних копалин) стратегічного та (або) критичного значення". Згідно з Додатком № 2 постанови КМУ від 14.07.2025 № 845 сіль калійна віднесена до переліку корисних копалин та компонентів критичного значення.

Мета роботи: характеристика сучасного стану і перспектив розробки родовищ калійних солей західного регіону України, зокрема ділянок надр (родовищ корисних копалин) стратегічного та (або) критичного значення, що надаватимуться у користування шляхом проведення аукціону (електронних торгів) з продажу спеціального дозволу на користування надрами: Пійло, Кадобна, Тростянецьке, Тура Велика, Бориславське, Гірне, Доброгостівське, Довголука, Моршинське, Нинів і Смоляний, Помярки, Улично (додаток № 3 постанови КМУ від 14.07.2025 № 845).

Загальні відомості про об'єкти досліджень. Згідно з додатком № 3 постанови КМУ від 14.07.2025 № 845 затверджено перелік ділянок надр (родовищ корисних копалин) стратегічного та (або) критичного значення, що надаватимуться у користування шляхом проведення аукціону (електронних торгів) з продажу спеціального дозволу на користування надрами: Пійло, Кадобна, Тростянецьке, Тура Велика, Бориславське, Гірне, Доброгостівське, Довголука, Моршинське, Нинів і Смоляний, Помярки, Улично [6].

Таблиця 1. Перелік ділянок надр (родовищ калійних солей) стратегічного та (або) критичного значення, що надаватимуться у користування шляхом проведення аукціону

№ з/п	Назва родовища	Корисна копалина	Місце розташування
1	*2*	*3*	*4*
1.	Пійло	солі калійні, солі магнієві	Івано-Франківська область, Калуський район, 30 кілометрів на північний захід від залізничної станції Івано-Франківськ, Івано-Франківський район
2.	Кадобна	солі калійні	Івано-Франківська область, Калуський район, 4 кілометри на схід від с. Кропивник, 10 кілометрів на північний схід від залізничної станції Калуш
3.	Тростянецьке	солі калійні	Івано-Франківська область, Калуський район, 2 кілометри на північ від с. Слобода, 10 кілометрів на північ від залізничної станції Долина
4.	Тура Велика	солі калійні	Івано-Франківська область, Калуський район, 25 кілометрів на північний захід від залізничної станції Калуш
5.	Бориславське	солі калійні	Львівська область, Дрогобицький район, 9 кілометрів на південний захід від м. Дрогобича, північно-східна околиця м. Борислава
6.	Гірне	солі калійні	Львівська область, Стрийський район, 4 кілометри на схід від с. Довголука, 12 кілометрів на південний захід від м. Стрия
7.	Доброгостівське	солі калійні	Львівська область, Дрогобицький район, 5 кілометрів на

1	*2*	*3*	*4*
			північний захід від с. Уличне, 4 кілометри на південний захід від м. Стебника
8.	Довголука	солі калійні	Львівська область, Стрийський район, 14 кілометрів на південний захід від залізничної станції Стрий, 14 кілометрів на південний схід від залізничної станції Стебник
9.	Моршинське	солі калійні	Львівська область, Стрийський район, 12 кілометрів на південь від м. Стрия, 2 кілометри на південний схід від м. Моршина
10.	Нинів і Смоляний	солі калійні	Львівська область, Стрийський район, 13 кілометрів на південний захід від м. Стрия, 5 кілометрів на північний захід від залізничної станції Болехів, Івано-Франківська область, Калуський район
11.	Помярки	солі калійні	Львівська область, Дрогобицький район, 8 кілометрів на південний схід від м. Дрогобича
12.	Улично	солі калійні	Львівська область, Дрогобицький район, 8,5 кілометра на південний схід від м. Стебника, 15 кілометрів на південний схід від м. Дрогобича

Таблиця 2. Перелік ділянок надр (родовищ калійних солей) стратегічного та (або) критичного значення, надаватимуться у користування шляхом проведення конкурсу на укладення угоди про розподіл продукції.

№ з/п	Назва родовища	Корисна копалина	Місце розташування
1	Домброво	солі калійні, солі магнієві	Івано-Франківська область, Калуський район, 3 кілометри на захід від м. Калуша
2	Стебницьке	солі калійні, сіль кухонна, сіль магнієва	Львівська область, Дрогобицький район, 8 кілометрів на південний схід від залізничної станції та м. Дрогобича

Родовища кам’яної і калійних солей та природних розсолів утворюють Передкарпатський соленосний басейн.

Утворення, що вміщують поклади солей, пов’язані з нижньоміоценовим моласовим комплексом осадків Передкарпатського басейну.

Родовища калійних солей басейну є унікальними за мінеральним складом. Вони представлені, в основному, полімінеральними (хлористо-сульфатними) калійно-магнієвими солями переважно каїніт-лангбейнітового складу, досить часто породоутворюючими є також полігаліт, кізерит, сильвін.

Родовища калійних солей розташовані у межах Передкарпатського прогину, що простягається смугою довжиною 230 км і шириною 25-60 км від Польщі до Румунії (рис. 1).

Родовища калійних солей розташовані адміністративно у межах Івано-Франківської (Домброво, Пійло, Кадобна, Тростянецьке, Тура Велика) і Львівської областей (Стебницьке, Бориславське, Гірне, Доброгостівське, Довголука, Моршинське, Нинів і Смоляний, Помярки, Улично).

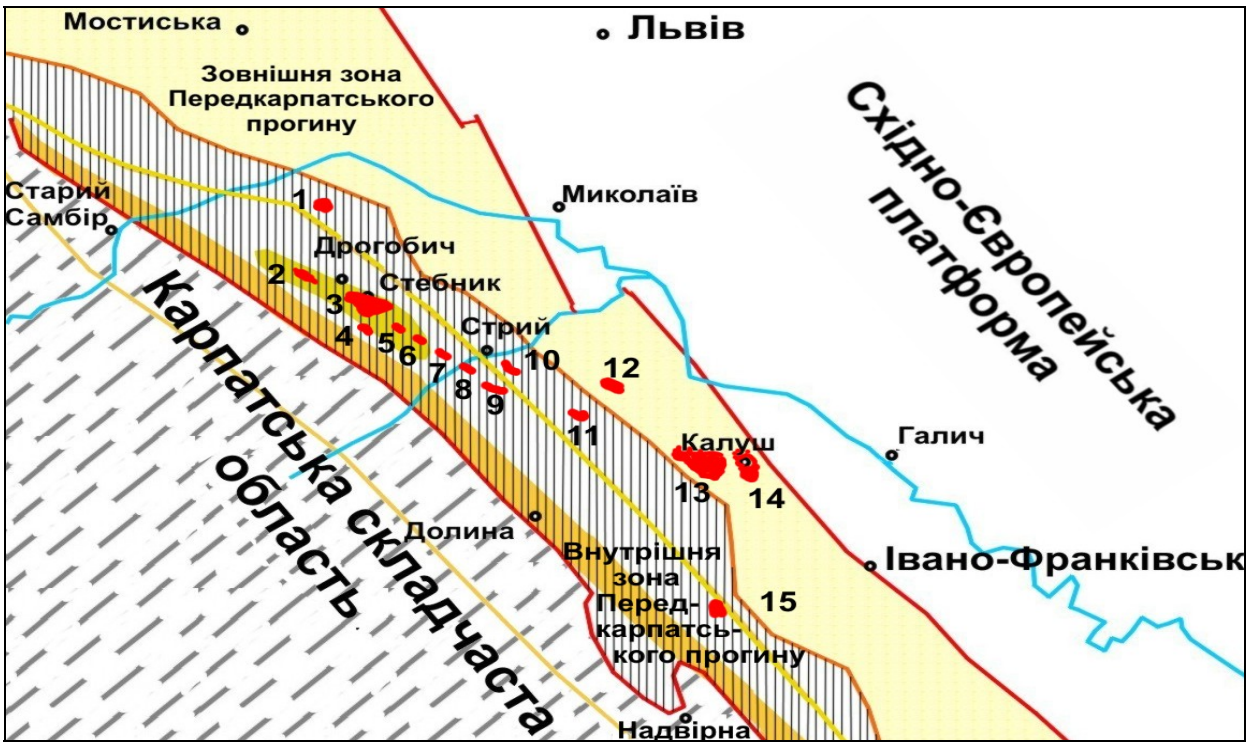


Рис. 1. Просторова локалізація родовищ калійних солей, розвіданих в межах Передкарпатського прогину: 1 – Велико-Білинське, 2 – Бориславське, 3 – Стебницьке, 4 – Помярки, 5 – Доброгостівське, 6 – Улично, 7 – Довголука, 8 – Гірне, 9 – Нинів-Смолянецьке, 10 – Моршинське, 11 – Тростянецьке, 12 – Тура Велика, 13-14 – Калуш-Голинська група родовищ (Домброво, Кадобна, Пійло), 15 – Дзвиняч-Старунське

СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗРОБКИ РОДОВИЩ КАЛІЙНИХ СОЛЕЙ ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ

Стебницьке родовище калійних солей розташоване на відстані близько 9 км на північний схід від м. Дрогобич, на відстані близько 75 км від м. Львова.

Калійні солі в межах Стебницького родовища вперше були виявлені у 1854 р.

Родовище розроблялось Стебницьким гірничо-хімічним підприємством "Полімінерал", рудниками № 1 та № 2, руди перероблялись на збагачувальній фабриці, а відходи збагачення скидались по пульпопроводу в хвостосховище (рис. 2).

Ділянки Центральна, Південна і Південно-Східна розроблялися рудником № 1.

Рудник № 1 Стебницького родовище калійно-магнієвих солей у геоструктурному плані розташований у внутрішній зоні Передкарпатського прогину та належить до воротищенської соленосної світи нижнього міоцену. Глибини опускання калійних солей у складчастих структурах сягають 1000 і більше метрів, потужність пластів змінюється від кількох до сотень метрів, у середньому становлячи 25-30 м, кути падіння – 70-80°.

Загалом геологічна будова Стебницького родовища вивчена нерівномірно. До глибини 400 м (горизонт IV) ступінь вивченості морфології пластів можна вважати достатнім (категорії запасів А, В і C_1) для продовження видобувних робіт. Більш глибокі горизонти, розвідані за допомогою зрідженої свердловинної сітки (категорії запасів C_1 і C_2), для проєктування видобутку руд за схемою знизу догори вважаються лише попередньо вивченими та вимагають детальної розвідки.

За складом калійні солі відносяться до сульфатного тупу (лангбейніт-каїнітові і каїніт-лангбейнітові), а також змішаного типу з підлеглим вмістом поліголіту, кізериту і сильвіну. Середній вміст K_2O – 10,72 %, MgO – 8,37 %, NaCl – 35,05 %.

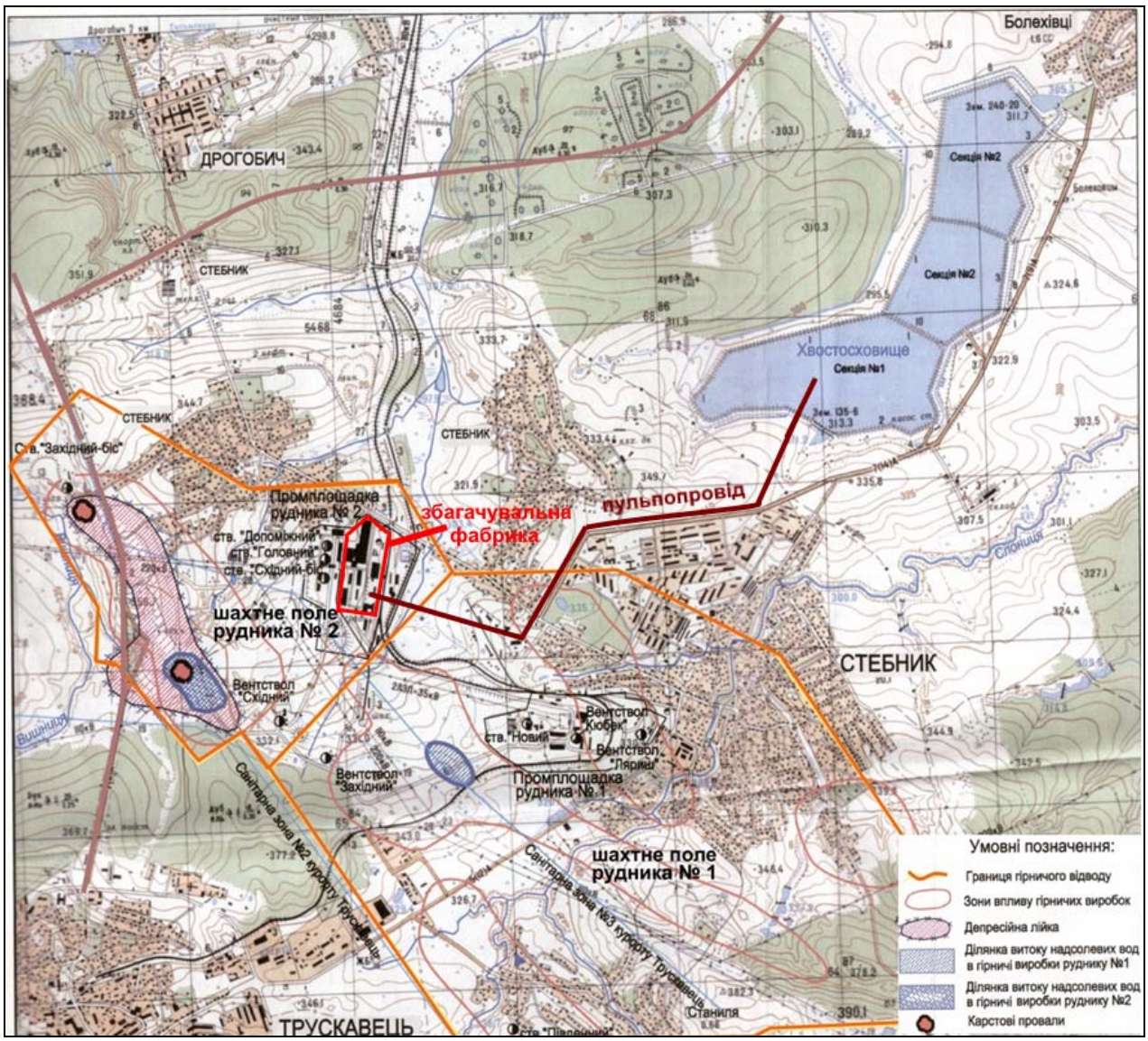


Рис. 2. Схема розташування рудників № 1 та № 2 Стебницького родовища, збагачувальної фабрики, пульпопровода, хвостоховища Стебницького ГХП "Полімінерал", ділянок водопритоків, депресійних лійок, карстових провалів

Гідрогеологічні та інженерно-геологічні умови експлуатації родовища складні. Водоносні горизонти пов'язані з гіпсо-глинистою "шляпою", а водоупором виступають соленосні породи. Найбільш заводнена частина розрізу належить зоні соляного дзеркала, для якої у непорушеному стані притаманний обмежений режим фільтрації.

Запаси калійних солей рудника № 1 Стебницького родовища підраховані за кондиціями, затвердженими ДКЗ СРСР (протокол від 28.12.1989 № 2396-к).

Подальші перспективи підприємства пов'язані з більш глибокими, ще недостатньо розвіданими горизонтами,

У 1999 р. ПАТ "СТЕБНИЦЬКЕ ГІРНИЧО-ХІМІЧНЕ ПІДПРИЄМСТВО "ПОЛІМІНЕРАЛ" отримало спеціальний дозвіл на користування надрами Державної служби геології та надр України від 19.10.1999 № 2007 з метою видобування солей калійно-магнієвих, сульфатно-хлоридних (каїніт), солі кухонної, окису калію та окису магнію Стебницького родовища, придатних для виробництва мінеральних добрив, магнієвих продуктів та кухонної солі. Термін дії дозволу становив 20 років (нині не дійсний).

За даними Державного балансу запасів корисних копалин України, запаси калійної солі рудника № 1 (Південно-Східна ділянка), обліковані відповідно до протоколу ДКЗ від 28.02.1997 № 415, становлять:

Корисна копалина	Одиниця виміру	Категорія	Запаси	
			сирі солі	K_2O
Сіль калійна	тис. т	A	2145	231
	тис. т	B	18464	2033
	тис. т	C_1	576477	61067
	тис. т	$A+B+C_1$	597086	63331
	тис. т	C_2	375521	40399
	тис. т	позабалансові	154603	16091

Рудник № 2 введений в експлуатацію у 1966 р. на базі запасів Північно-Західної ділянки, з шахтними стовбурами "Головний", "Допоміжний", "Західний" і "Західний-біс". З 1966 р. по 1988 р. на калійному заводі працювала флотаційна фабрика зі збагачення, яка виробляла калійно-магнієвий концентрат з вмістом K_2O 18 % і нерозчинного залишку – 12 %.

Запаси рудника № 2 майже повністю відпрацьовані до глибини 220 м (II горизонт) і частково – до глибини 370 м від поверхні (горизонт IV).

Рудник № 2 зупинено у 1988 р. для реконструкції збагачувальної фабрики, що мала впровадити галургічну технологічну схему переробки калійно-магнієвих руд. Запланована реконструкція не відбулася. Рудник № 2 на початок 2000 р. фактично опинився у стані самоліквідації було ухвалило рішення про консервацію рудника № 2. Затоплено техногенні пустоти III-IV горизонтів рудника надсолевими розсолами з дренажного горизонту.

Наступний етап консервації рудника № 2 передбачає організоване затоплення техногенних пустот вище II горизонту високомінералізованими розсолами, спеціально підготовленими на хвостосховищі підприємства.

За даними Державного балансу запасів корисних копалин України, запаси калійної солі рудника № 2 (Північно-Західна ділянка), обліковані відповідно до протоколу ДКЗ від 28.02.1997 № 415, становлять:

Корисна копалина	Одиниця виміру	Категорія	Запаси	
			сирих солей	K_2O
Сіль калійна	тис. т	A	12175	1308
	тис. т	B	2146	19558
	тис. т	C_1	7581	70042
	тис. т	$A+B+C_1$	101775	11035
	тис. т	C_2	203683	22241
	тис. т	позабалансові	86454	9532

Результати верифікації

З урахуванням вихідних даних, обліковані запаси калійної солі запаси калійної солі рудника № 1 родовища Стебницьке класифікуються:

Корисна копалина	Одиниця виміру	**ДКЗ**			**Код класу РКООН**		
		Категорія геологічної вивченості	Кількість		**E**	**F**	**G**
			сирих солей	K_2O			
Сіль калійна	тис. т	$A+B+C_1$ (розвідані запаси)	597086	63331	**3.2**	**3.1**	**1**
	тис. т	C_2 (балансові запаси)	375521	40399	**3.2**	**3.1**	**1**
	тис. т	$A+B+C_1$ (позабалансові запаси)	66477	7124	**3.2**	**3.1**	**2**
	тис. т	C_2 (позабалансові запаси)	88126	8967	**3.2**	**3.1**	**2**

Запаси калійної солі рудника № 2 родовища Стебницьке класифікуються:

Корисна копалина	Одиниця виміру	ДКЗ			Код класу РКООН		
		Категорія геологічної вивченості	Кількість		**E**	**F**	**G**
			сирих солей	K_2O			
Сіль калійна	тис. т	$A+B+C_1$ (розвідані запаси)	101775	11035	**3.2**	**3.1**	**1**
	тис. т	C_2 (балансові запаси)	203683	22241	**3.2**	**3.1**	**2**
	тис. т	$A+B+C_1+C_2$ (позабалансові запаси)	86454	9532	**3.2**	**3.1**	**2**

Домбровське родовище калійних солей розташоване на відстані близько 2 км на захід від залізничної станції Калуш в Калуському районі Івано-Франківської області.

Родовище входить до Калуш-Голинської групи родовищ калійних солей, розташованих у межах зовнішньої зони Передкарпатського прогину (рис. 3).

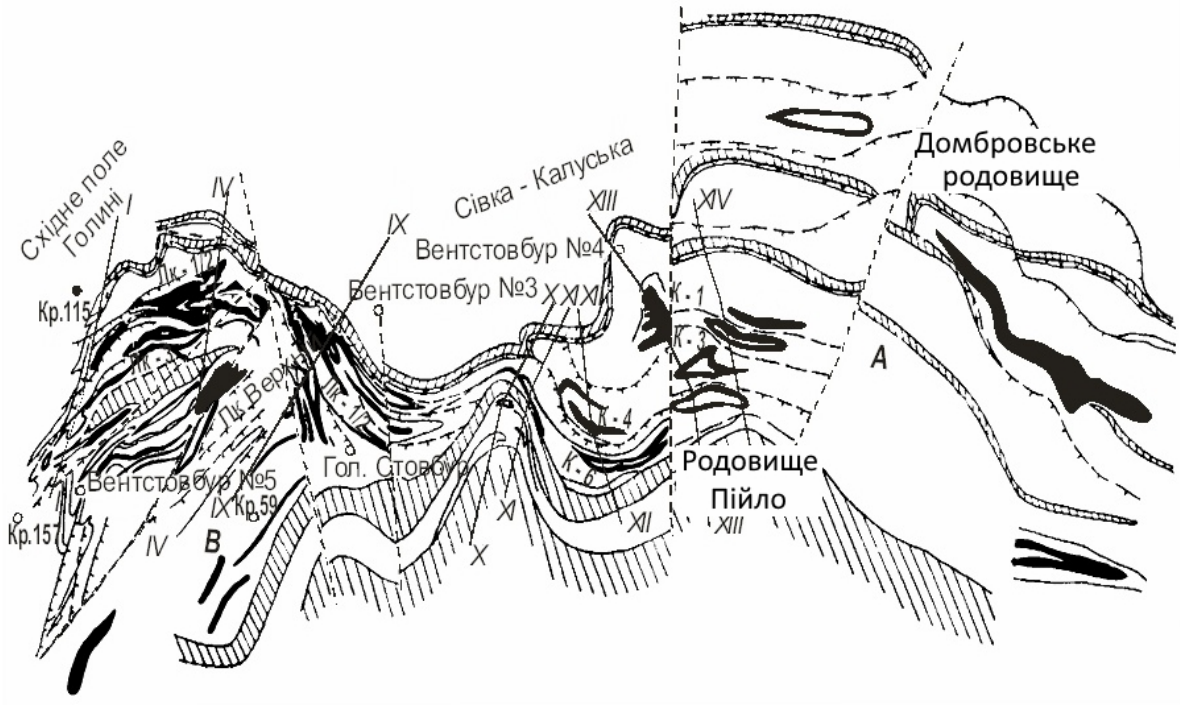


Рис. 3. Локалізація рудних тіл Калуш-Голинської групи родовищ, зокрема Домбровського родовища та родовища Пійло

У геологічній будові Домбровського родовища калійно-магнієвих солей беруть участь соленосні відклади неогенового віку, а також супіски, суглинки й піщано-гравійні відклади четвертинного віку.

Калієносна зона представлена чергуванням верств соленосних глин, соленосних брекчій і калійних солей стебницької світи. У її межах простежується 5 горизонтів. Промисловий інтерес становлять 3-й (нижня пачка) і 4-й (верхня пачка) горизонти, причому останній є основним промисловим горизонтом.

Гідрогеологічні умови Домбровського родовища складні. Їхня складність, а також складні гірничо-геологічні умови залягання корисної копалини зумовлені наявністю водоносного горизонту над солевмісною товщею, надсолевих розсолів, близькістю річки Сивка та значними атмосферними опадами.

Вперше запаси калійних солей було підраховано за матеріалами геологорозвідувальних робіт, проведених польським акціонерним товариством протягом 1929-1931 рр. Відповідно до результатів розгляду звіту (протокол ВКЗ від 06.03.1941 № 2164), через недостатню вивченість гідрогеологічних умов і неповноту первинних

матеріалів, детально розвідані запаси були затверджені лише за категорією В у кількості 102 млн т.

Калійні солі відносяться до сульфатних, хлоридно-сульфатних і хлоридів калію, магнію, кальцію та натрію (змішаний тип). Вміст К – 9,66 %, Ca – 1,4 %, Mg – 5,32 %, Na – 10,9 %, Cl, SO_4, нерозчиненого залишку та вологості – від 12 до 35 % (у середньому по родовищу 15,8 %). Вміст бору визначено спектральними аналізами за 137 пробами (варіюється від слідів до 0,005 %).

Під час напівзаводських досліджень застосовувалася сульфатна схема збагачення каїніт-лангбейнітової породи, яка забезпечувала вилучення калію на рівні 85 %. Крім того, за цією технологією супутньо вилучали хлористий магній, який у подальшому використовували для отримання металевого магнію (0,9 т хлористого магнію на 1 т сульфату калію), а також гіпс для будівельних цілей. Нерозчинний залишок вилучали зі шламів шляхом флотації. За описаною технологічною схемою працював цех Калуського калійного комбінату.

Родовище калійних солей Домбровське (Домброво) розробляли відкритим способом. З 1997 р. відповідно до ліцензії (спеціального дозволу на користування надрами) від 27.03.1997 № 830, наданої Відкритому акціонерному товариству "Оріана", здійснювалася експлуатація Домбровського родовища калійних солей. Видобута сіль надходила на збагачувальну фабрику, де шляхом розчинення отримували технічну товарну сіль, сульфат калію, калімагнезію та хлормагнієвий розсіл. З 2007 р. видобування калійних солей у кар'єрі не проводиться. Спеціальний дозвіл на користування надрами від 27.03.1997 № 830, що був наданий на продовження видобування калійних солей Домбровського родовища терміном на 20 років, було зупинено (наказ Мінприроди України від 07.08.2008 № 414) та анульовано (наказ Мінприроди України від 21.12.2010 № 576). У січні 2008 р. осушення кар'єру припинили, а в липні того ж року, під час повені, кар'єр із розкритими запасами 32 млн т калійної руди було затоплено.

З 1967 р. Домбровське родовище калійних солей розробляли відкритим способом. З 2007 р. розробка родовища не проводиться. На даний час (2025 рік) Домбровський кар’єр та розкриті ним тіла в межах північної частини, із сумарними запасами понад 32 млн т затоплені (рис. 4).

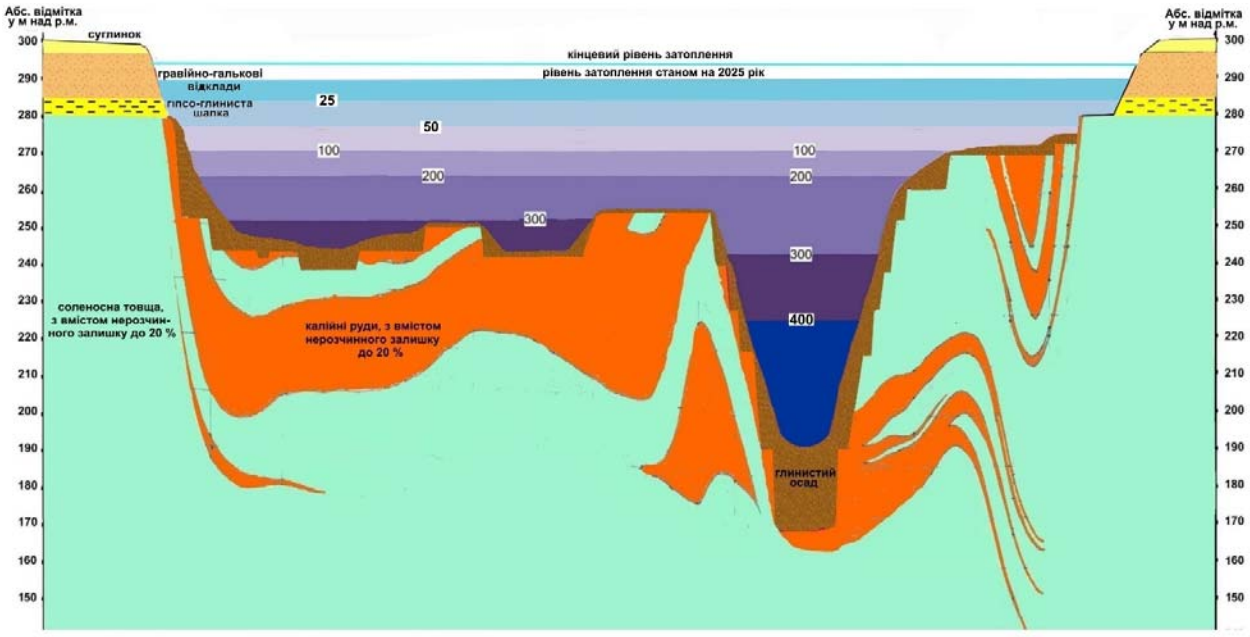


Рис. 4. Схематичний геологічний розріз із локалізацією рудних тіл, рівня затоплення та мінералізації водних товщ в межах затопленого кар’єру Домбровського родовища

За даними Державного балансу запасів корисних копалин України, кількість залишкових запасів калійних солей, облікованих відповідно до протоколу ДКЗ СРСР від 27.12.1958 № 2517, з урахуванням методики ведення державного балансу, становлять:

Корисна копалина	Одиниця виміру	Категорія	Запаси, тис. т	
			сирих солей	K_2O
Сіль калійна	тис. т	A	451	219
	тис. т	B	31270	3722
	тис. т	C_1	574	126
	тис. т	$A+B+C_1$	32295	4067
	тис. т	позабалансові	1113	195

Результати верифікації

З урахуванням вихідних даних, обліковані запаси солі калійної класифікуються:

Корисна копалина	Одиниця виміру	**ДКЗ СРСР**			**Код класу РКООН**		
		Категорія геологічної вивченості	Кількість		**E**	**F**	**G**
			сирих солей	K_2O			
Сіль калійна	тис. т	$A+B+C_1$ (розвідані запаси)	32295	4067	**3.2**	**3.2**	**2**
	тис. т	C_1 (позабалансові запаси)	1113	195	**3.2**	**3.2**	**3**

1. Родовище калійно-магнієвих солей Пійло розташоване в Калуському районі Івано-Франківської області, на відстані близько 2 км на захід від залізничної станції Калуш.

Родовище Пійло входить до Калуш-Голинської групи родовищ калійних солей. На родовищі виділено два горизонти калійно-магнієвих солей: верхній і нижній, відокремлені прошарками соленосних глин потужністю від 14 до 94 м.

Солі родовища характеризуються як сірчанокислі (сульфатні), хлористі (безсульфатні) та змішані (сірчанокисло-хлористі). Вміст K змінюється від 3 до 29 %, Mg – від 0,1 до 15 %, Na – від 9 до 26 %, Ca – від 0,2 до 7,6 %. Вміст нерозчинного залишку варіюється від 3 до 39 %.

З метою розробки родовища калійно-магнієвих солей Пійло було розпочато будівництво однойменного рудника, під час якого пройдено стовбури та навколостовбурні виробки. Однак з 1997 р. це будівництво зупинено.

За результатами геологорозвідувальних робіт ДКЗ СРСР (протокол від 04.02.1960 № 2954), станом на 01.01.1960 р. були затверджені запаси калійно-магнієвих солей родовища Пійло за категоріями, в кількості:

Категорії	Запаси, тис. т			Вміст у сирих солях, %	
	сирих солей	у перерахунку		K_2O	MgO
		K_2O	MgO		
а) балансові					
A	23158	3026	918	13	4
B	75661	8720	4215	12	6
C_1	260011	27871	13365	11	5
$A+B+C_1$	358830	39617	18488	–	–
б) позабалансові					
C_1	5267	528	396	10	8

За вихідними даними ДНВП "Геоінформ України", облікований залишок запасів калійної солі родовища Пійло, з урахуванням методики ведення державного балансу, становить:

Корисна копалина	Одиниця виміру	Категорія	Запаси, тис. т	
			сирих солей	K_2O
Сіль калійна	тис. т	A	26939	3454
	тис. т	B	82541	9449
	тис. т	C_1	300814	32377
	тис. т	A+B+ C_1	410294	45280
	тис. т	позабалансові	4515	426

Результати верифікації

З урахуванням вихідних даних, обліковані запаси солі калійної класифікуються:

Корисна копалина	Одиниця виміру	**ДКЗ СРСР**			**Код класу РКООН**		
		Категорія геологічної вивченості	Кількість		**E**	**F**	**G**
			сирих солей	K_2O			
Сіль калійна	тис. т	A+B+C_1 (розвідані запаси)	410294	45280	**3.2**	**3.2**	**2**
	тис. т	C_1 (позабалансові)	4515	426	**3.2**	**3.2**	**3**

2. Родовище Кадобна розташоване на відстані близько 4,0 км на схід від смт Кропивник Калуського району Івано-Франківської області.

Родовище було розвідано Львівською геологічною експедицією Київського геологорозвідувального тресту Головгеології УРСР протягом 1958–1959 рр. ДКЗ СРСР (протокол від 04.02.1960 № 2954). За результатами проведених робіт ДКЗ СРСР затверджено позабалансові запаси калійно-магнієвих солей родовища Кадобна за категоріями, в кількості:

Категорія запасів	Запаси, тис. т			Вміст у сирих солях, %	
	Сирих солей	у перерахунку		K_2O	MgO
		K_2O	MgO		
Позабалансові					
C_1	8 447	899	491	11	6

Родовище калійних солей Кадобна входить до Калуш-Голинської групи родовищ калійних солей, які розташовані в межах зовнішньої зони Передкарпатського крайового прогину, заповненого відкладами четвертинного та неогенового віку. Калійні солі зосереджені на двох ізольованих площах, приурочених до Калуської і Голинської синкліналей.

У межах родовища виділено один горизонт калійно-магнієвих солей, який включає невеликі ізольовані лінзи, що мають крутопадаючий характер (під кутом 40° на південний захід). Склад руд відповідає аналогічному складу руди родовища Пійло.

Солі родовища характеризуються як змішані (сірчанокисло-хлористі). Вміст K змінюється від 3 до 29 %, Mg – від 0,1 до 15 %, Na – від 9 до 26 %, Ca – від 0,2 до 7,6 %. Вміст нерозчинного залишку варіюється від 3 до 39 %. Аналізи проводили в лабораторії Стебницького комбінату.

За гірничотехнічними умовами родовище Кадобна відносяться до родовищ, які можливо відробляти відкритим способом.

За вихідними даними ДНВП "Геоінформ України", кількість запасів калійних солей, облікованих відповідно до протоколу ДКЗ СРСР від 04.02.1960 р. № 2954, з урахуванням методики ведення державного балансу, становить:

Корисна копалина	Одиниця виміру	Категорія	Запаси, тис. т	
			сирих солей	K_2O
Сіль калійна	тис. т	позабалансові	8447	899

Результати верифікації

З урахуванням вихідних даних, обліковані запаси солі калійної класифікуються:

Корисна копалина	Одиниця виміру	ДКЗ СРСР			Код класу РКООН		
		Категорія геологічної вивченості	Кількість		E	F	G
			сирих солей	K_2O			
Сіль калійна	тис. т	C_1 (позабалансові запаси)	8447	899	**3.3**	**3.3**	**3**

3. Родовище Тростянецьке розташоване на відстані близько 2 км на північ від с. Слобода та 10 км на північ від з. ст. Долина Калуського району Івано-Франківської області.

Родовище Тростянецьке розташоване в межах Передкарпатського крайового прогину, промислові поклади калійних солей приурочені до відкладів верхнього олігоцену та нижнього-середнього міоцену (рис. 5).

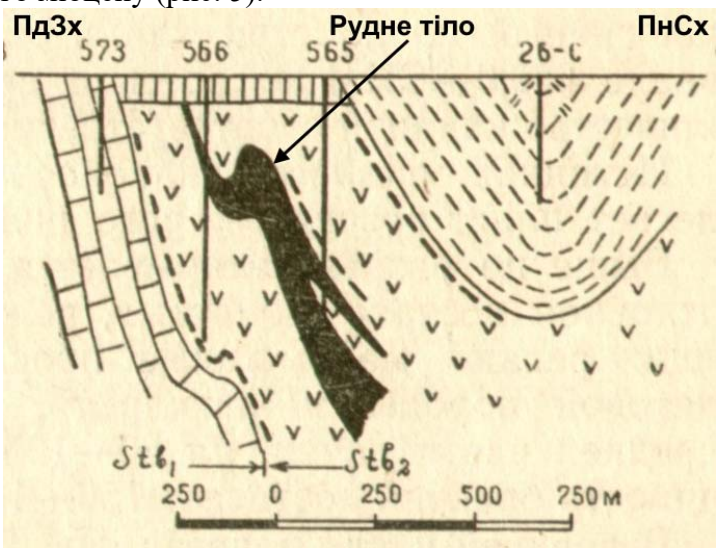


Рис. 5. **Геологічний розріз через Тростянецьке родовище калійних солей**

Калійні солі відносяться до типу сірчанокислих (сульфатних) солей.

На родовищі Тростянець за результатами останніх робіт виявлено два пласти калійних солей: нижній (потужність від 4,7 м до 11,2 м), складений полімінерально-полігаліт-сильвін-кізерит-лангбейніт-каїнітовою і сильвін-каїніт-полігаліт-лангбейніт-кізеритовими породами, і середній (потужність від 5,5 м до 21,1 м), представлений лангбейнітовою породою з домішками. Пласти розділяються соленосними брекчіями та кам'яною сіллю потужністю 200 м.

За мінералогічним складом калійні солі по родовищу мають такий вміст: лангбейнітова порода – 84,0 %, змішана порода – 14,8 %, каїнітова порода – 1,2 %.

Можливий підземний спосіб відпрацювання.

За результатами геологорозвідувальних робіт ЦКЗ СРСР (протокол від 28.03.1963 № 331) було виконано оперативний підрахунок запасів калійних солей у кількості за категоріями:

Категорія запасів	Запаси, тис. т		Вміст K_2O, %
	Сирих солей	K_2O	
Балансові			
C_1	197240	22171	9,3–11,40
C_2	127230	13787	
разом	324470	35958	
Позабалансові			
C_1	4538	352	7,76
C_2	10636	825	
разом	15174	1177	

За вихідними даними ДНВП "Геоінформ України" кількість облікованих запасів калійних солей, з урахуванням методики ведення державного балансу, становить:

Корисна копалина	Одиниця виміру	Категорія	Запаси	
			сирих солей	K_2O
Сіль калійна	тис. т	C_1	92300	10500
	тис. т	C_2	252600	29500

Кількість запасів калійної солі на родовищі Тростянецьке, облікованих у Державному балансі запасів корисних копалин України станом на 01.01.2024, не відповідає запасам, зазначеним у протоколі ЦКЗ 1963 р. № 331, відповідно до якого ведеться облік. Зміни (приріст запасів), що відбулися у облікованих запасах, не мають жодних протокольних підтверджень.

Результати верифікації

З урахуванням вихідних даних, обліковані запаси солі калійної класифікуються:

Корисна копалина	Одиниця виміру	**ЦКЗ СРСР**			**Код класу РКООН**		
		Категорія геологічної вивченості	Кількість		**E**	**F**	**G**
			сирих солей	K_2O			
Сіль калійна	тис. т	C_1 (розвідані запаси)	92300	10500	**3.2**	**3.1**	**2**
	тис. т	C_2 (попередньо розвідані запаси)	252600	29500	**3.2**	**3.1**	**2**

4. Родовище Тура Велика розташоване на відстані близько 25,0 км на північний захід від залізничної станції Калуш Івано-Франківської області.

Родовище Тура Велика розташоване в межах Передкарпатського крайового прогину змішаних (сірчанокисло-хлористих) солей. Вертикальна потужність покладів калійної солі складає 5,3–30,6 м.

Поклади калійних солей представлені крутопадаючими лінзами та пластами складної будови, потужність яких варіюється від 3–5 до 100 м. Тому для їх розробки було запропоновано підземний спосіб відпрацювання.

За результатами геологорозвідувальних робіт ЦКЗ СРСР (протокол від 28.03.1963 № 331) було виконано оперативний підрахунок запасів калійних солей у кількості за категоріями:

Категорія запасів	Запаси, тис. т		Вміст K_2O, %
	Сирі солі	K_2O	
C_1	49830	5342	10,72
C_2	47289	5089	
разом	97119	10431	

За вихідними даними ДНВП "Геоінформ України", кількість облікованих запасів калійних солей, з урахуванням методики ведення державного балансу, становить:

Корисна копалина	Одиниця виміру	Категорія	Запаси	
			сирих солей	K_2O
Сіль калійна	тис. т	C_1	25257	2717

Кількість запасів калійної солі на родовищі Тура Велика, облікованих у Державному балансі запасів корисних копалин станом на 01.01.2024, не відповідає запасам, зазначеним у протоколі ЦКЗ 1963 р. № 331. Зміни (зменшення запасів), що відбулися у облікованих запасах, не мають жодних протокольних підтверджень.

Результати верифікації

З урахуванням вихідних даних, обліковані запаси солі калійної класифікуються:

Корисна копалина	Одиниця виміру	**ЦКЗ СРСР**			**Код класу РКООН**		
		Категорія геологічної вивченості	Кількість		**E**	**F**	**G**
			сирих солей	K_2O			
Сіль калійна	тис. т	C_1 (розвідані запаси)	25257	2717	**3.2**	**3.3**	**2**

5. **Бориславське родовище** розташоване на відстані близько 9,0 км на південний захід від м. Дрогобич Дрогобицького району Львівської області.

Бориславське родовище калійних солей розвідано протягом 1963–1966 рр. Моршинською ГРП Львівської геологічної експедиції тресту «Київгеологія».

Калійні солі Бориславського родовища можуть перероблятися на калійні добрива галургічним методом з отриманням готового продукту у вигляді калімагнезії (30 % K_2O).

За результатами розгляду матеріалів з попередньої розвідки Бориславського родовища, протоколом НТР тресту «Київгеологія» від 04.07.1967 № 835, підраховані наступні запаси у кількості за категоріями:

Категорія запасів	Запаси, тис. т		Середній вміст, %	
	Сирих солей	K_2O	K_2O	Нерозчинного залишку
Балансові запаси				
C_1	446891	47411	10,6	18,47
C_2	67586	7639	11,3	18,19
разом	514477	55050	–	–
Позабалансові запаси				
C_1	14280	1448	10,4	23,56
C_2	35731	3466	9,7	25,4
разом	50011	4914	–	–

За вихідними даними ДНВП "Геоінформ України", кількість облікованих запасів калійних солей, з урахуванням методики ведення державного балансу, становить:

Корисна копалина	Одиниця виміру	Категорія	Запаси	
			сирих солей	K_2O
Сіль калійна	тис. т	C_1	454908	47752
	тис. т	C_2	59234	6411

Кількість запасів калійної солі на родовищі Бориславське, облікованих у Державному балансі запасів корисних копалин України станом на 01.01.2024, не відповідає запасам, зазначеним у протоколі НТР від 04.07.1967 р. № 835. Зміни (приріст запасів), що відбулися в облікованих запасах, не мають жодних протокольних підтверджень.

Результати верифікації

З урахуванням вихідних даних, обліковані запаси солі калійної класифікуються:

Корисна копалина	Одиниця виміру	**НТР СРСР**			**Код класу РКООН**		
		Категорія геологічної вивченості	Кількість		**E**	**F**	**G**
			сирих солей	K_2O			
Сіль калійна	тис. т	C_1 (розвідані запаси)	454908	47752	**3.2**	**3.2**	**3**
	тис. т	C_2 (попередньо розвідані запаси)	59234	6411	**3.2**	**3.2**	**3**

6. **Моршинське родовище розташоване** у Стрийському районі Львівської області на відстані близько 12 км на південь від м. Стрий, 2 км на південний схід від м. Моршин.

Родовище Моршин розташоване в межах Передкарпатського крайового прогину, промислові поклади калійних солей приурочені до відкладів верхнього олігоцену та нижнього-середнього міоцену.

Калійні солі відносяться до типу сірчанокислих (сульфатних) солей. Вертикальна потужність покладів калійної солі складає 2,1–22,0 м.

Середній вміст K_2O в калійних солях становить 11,8 %, MgO – 8,05 %. За мінералогічним складом калійні солі по родовищу мають такий вміст: лангбейнітова порода – 46,2,0 %, змішана порода – 38,90 %, каїнітова порода – 9,5 %, сильвініт – 5,4 %.

За результатами геологорозвідувальних робіт ЦКЗ СРСР (протокол від 28.03.1963 № 331) було виконано оперативний підрахунок запасів калійних солей у кількості за категоріями:

Категорія запасів	Запаси, тис. т		Вміст K_2O, %
	Сирі солі	K_2O	
Позабалансові запаси			
C_2	32027	3363	9,20-16,4

За вихідними даними ДНВП "Геоінформ України", кількість облікованих запасів калійних солей, з урахуванням методики ведення державного балансу, становить:

Корисна копалина	Одиниця виміру	Категорія	Запаси	
			сирих солей	K_2O
Сіль калійна	тис. т	C_1	18150	2091

Кількість запасів калійної солі на родовищі Моршинське, облікованих у Державному балансі запасів корисних копалин станом на 01.01.2024, не відповідає запасам, зазначеним у протоколі ЦКЗ 1963 р. № 331, відповідно до якого ведеться облік запасів. Зміни (зменшення запасів), що відбулися в облікованих запасах, не мають жодних протокольних підтверджень.

Результати верифікації

З урахуванням вихідних даних, обліковані запаси солі калійної класифікуються:

Корисна копалина	Одиниця виміру	ЦКЗ СРСР			**Код класу РКООН**		
		Категорія геологічної вивченості	Кількість		**E**	**F**	**G**
			сирих солей	K_2O			
Сіль калійна	тис. т	C_2 (попередньо розвідані)	18150	2091	**3.2**	**3.2**	**3**

7. Родовище Нинів і Смоляний розташоване у Стрийському районі Львівської області, за 13 км на південний захід від м. Стрий, та у Калуському районі Івано-Франківської області, за 5 км на північний захід від м. Болехів.

У 1958–1960 рр. Моршинською ГРП Львівської геологічної експедиції тресту «Київгеологія» проводилася попередня розвідка Нинівського родовища Родовище було розвідане до глибини близько 500 м.

Родовище приурочене до соленосних відкладів нижньоворотищенської соленосної світи й представлене двома пластами калійних солей, які занурюються в північно-східному напрямку на глибину 1000 м і більше.

Середній вміст K_2O в калійних солях становить 10,8 %, MgO – 8,61 %, нерозчиненого залишку – 14,71 %.

Запаси були розглянуті на засіданні ТР тресту «Київгеологія» (протокол від 03.09.1969 № 1289) і склали 167,1 млн т за категорією C_1 та 37,4 млн т за категорією C_2.

За вихідними даними ДНВП "Геоінформ України" запаси калійної солі, що обліковані відповідно до протоколу ЦКЗ 1956 р. б/н* становлять:

Корисна копалина	Одиниця виміру	Категорія	Запаси	
			сирих солей	K_2O
Сіль калійна	тис. т	B	44260**	4664
	тис. т	C_1	123285	12764
	тис. т	$B+C_1$	167545	17428
	тис. т	C_2	232832	22361

*протокол ЦКЗ 1956 року б/н відсутній.

** запаси, що були підраховані в період попередньої розвідки 1958–1960 рр.

Результати верифікації

З урахуванням вихідних даних, обліковані запаси солі калійної класифікуються:

Корисна копалина	Одиниця виміру	**ЦКЗ СРСР**			**Код класу РКООН**		
		Категорія геологічної вивченості	Кількість		**E**	**F**	**G**
			сирих солей	K_2O			
Сіль калійна	тис. т	$B+C_1$ (розвідані запаси)	167545	17428	**3.2**	**3.2**	**2**
	тис. т	C_2 (попередньо розвідані запаси)	232832	22361	**3.2**	**3.2**	**3**

***8.* Родовище Помярки** розташоване на відстані близько 8,0 км на південний схід від м. Дрогобич Львівської області.

У геоструктурному плані родовище Помярки розташоване в межах внутрішньої зони Передкарпатського прогину та належить воротищенській соленосній світі нижнього міоцену(рис. 6).

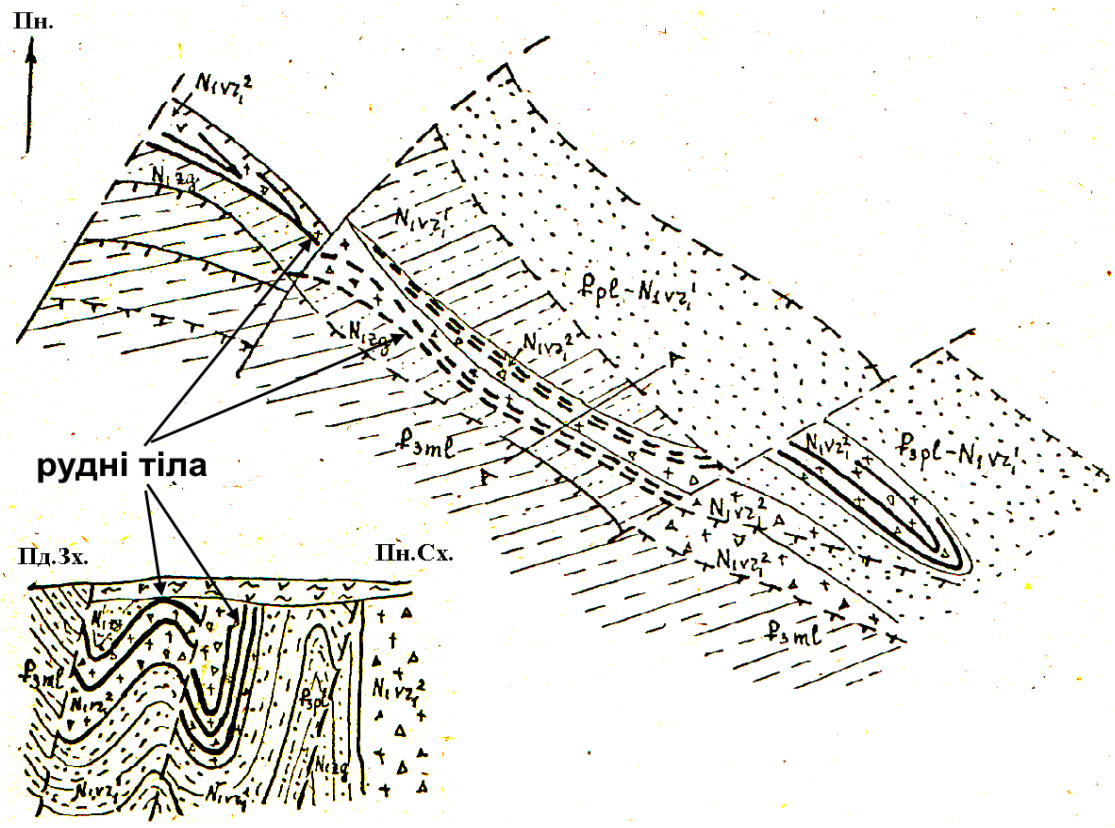


Рис. 6. Схематичні геологічна карта та розріз із локалізацією рудних тіл родовища Пом'ярки

Калійні солі характеризуються наступним хімічним складом: K_2SO_4 – 8,25 %, $MgSO_4$ – 24,36 %, Ca_2SO_4 – 5,92 %, NaCl – 23,2 %, KCl – 10,9 %, H_2O – 7,96 %, вміст нерозчинного залишку – 18,5 %. Вміст К змінюється від 9,7 % до 11,9 %, в середньому – 10,6 %.

Система розробки може передбачати підземний спосіб відпрацювання.

За результатами пошукових робіт НТР Київського геологорозвідувального тресту «Київгеологія» (протокол від 29.12.1966 № 746) підраховані станом на 01.01.1967 запаси калійних солей у кількості за категоріями:

Категорія запасів	Запаси, тис. т		Вміст K_2O, %
	Сирих солей	K_2O	
C_1	62160	6656	10,88
C_2	371409	38891	10,47

За вихідними даними ДНВП "Геоінформ України", обліковані запаси калійної солі, з урахуванням методики ведення державного балансу, становлять:

Корисна копалина	Одиниця виміру	Категорія	Запаси	
			сирих солей	K_2O
Сіль калійна	тис. т	C_1	187 600	18 400
	тис. т	C_2	100 300	9600

Кількість запасів калійної солі на родовищі Помярки, облікованих на Державному балансі запасів корисних копалин станом на 01.01.2024, не відповідає запасам, зазначеним у протоколі НТР 1966 р. № 746. Зміни, що відбулися в облікованих запасах, не мають жодних протокольних підтверджень.

Результати верифікації

Родовище не розроблялося.

З урахуванням вихідних даних, обліковані запаси солі калійної класифікуються:

Корисна копалина	Одиниця виміру	НТР СРСР			Код класу РКООН		
		Категорія геологічної вивченості	Кількість		E	F	G
			сирих солей	K_2O			
Сіль калійна	тис. т	C_1 (розвідані запаси)	187600	18400	**3.2**	**3.2**	**3**
	тис. т	C_2 (попередньо розвідані запаси)	100300	9600	**3.2**	**3.3**	**3**

9. Родовище Гірне розташоване на відстані близько 4 км на схід від села Довголука і 12 км на південний захід від м. Стрий Стрийського району Львівської області.

У геоструктурному плані родовище розташоване в межах внутрішньої зони Передкарпатського прогину та належить воротищенській соленосній світі нижнього міоцену.

Солі сірчанокислі (сульфатні).

За вихідними даними ДНВП "Геоінформ України" запаси калійної солі, що обліковані відповідно до протоколу НТР 1966 № 835 р. становлять:

Категорія запасів	Запаси, тис. т		Вміст K_2O, %
	Сирих солей	K_2O	
C_1	32325	3636	11,25

Результати верифікації

Родовище не розроблялося.

З урахуванням вихідних даних, обліковані запаси солі калійної пропонується класифікувати:

Корисна копалина	Одиниця виміру	НТР СРСР			Код класу РКООН		
		Категорія геологічної вивченості	Кількість		E	F	G
			сирих солей	K_2O			
Сіль калійна	тис. т	C_1 (розвідані запаси)	32325	3636	**3.2**	**3.2**	**3**

10. Родовище Доброгостівське розташоване на відстані близько 5 км, північний захід від с Улично, 4 км на південий захід від м. Стебник Дрогобицького району Львівської області.

За вихідними даними ДНВП «Геоінформ України» запаси калійної солі, що обліковані відповідно до протоколу НТР 1966 № 835 р. становлять:

Категорія запасів	Запаси, тис. т		Вміст K_2O, %
	Сирих солей	K_2O	
B	34660	3572	10,12
C_1	72936	7318	
$B+C_1$	107596	10890	
C_2	28110	3176	

Руди приурочені до видовжених у напрямку північний захід – південий схід та зім'ятих у складки рудних тіл (рис. 7).

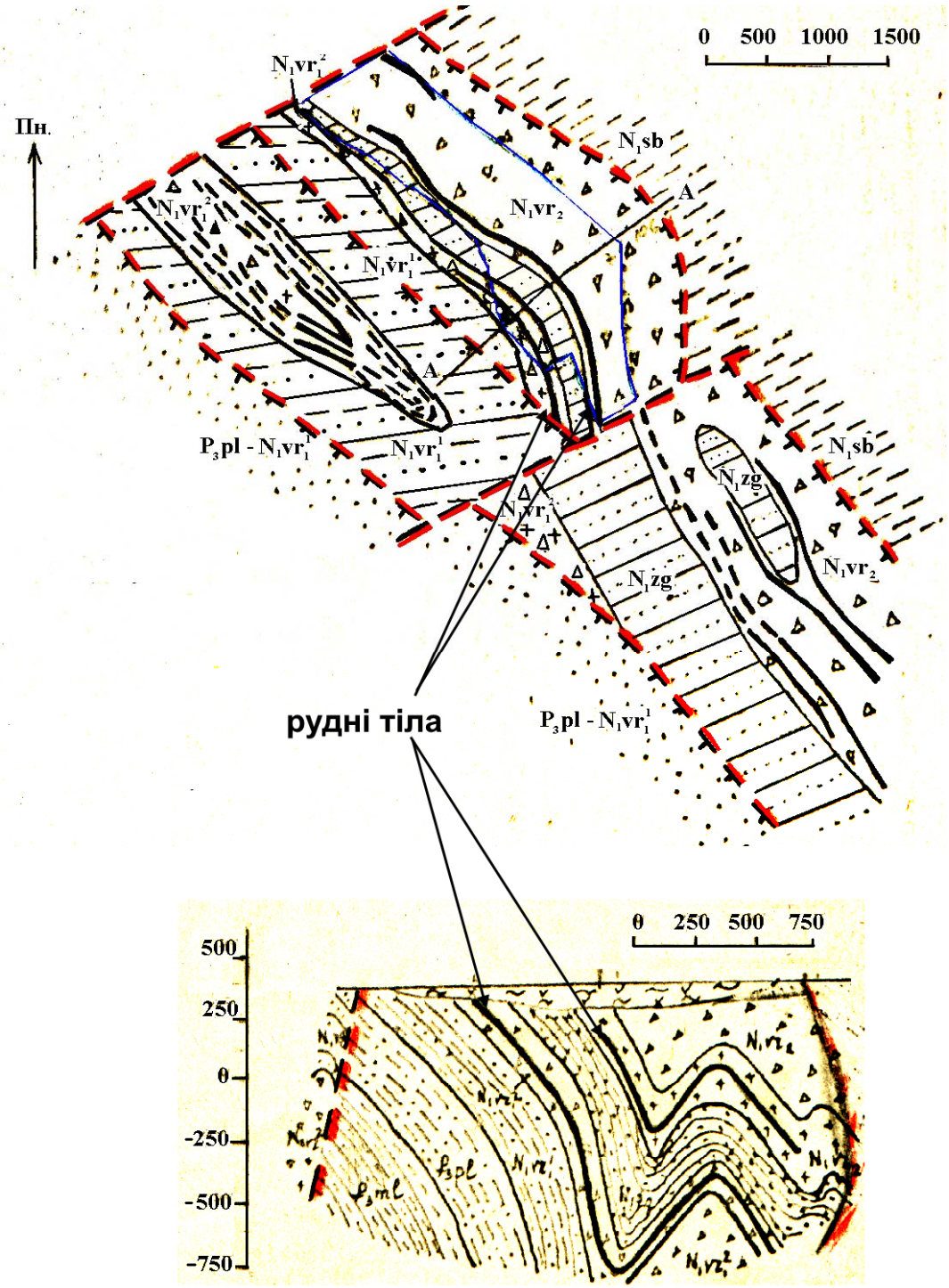


Рис. 7. Схематичні геологічна карта та розріз із локалізацією рудних тіл родовища Доброгостівське

Результати верифікації

Родовище не розроблялося.

З урахуванням вихідних даних, обліковані запаси солі калійної пропонується класифікувати:

Корисна копалина	Одиниця виміру	НТР СРСР			Код класу РКООН		
		Категорія геологічної вивченості	Кількість		E	F	G
			сирих солей	K_2O			
Сіль калійна	тис. т	B+C_1 (розвідані запаси)	107596	10890	**3.2**	**3.2**	**2**
	тис. т	C_2 (попередньо розвідані запаси)	28110	3176	**3.2**	**3.3**	**3**

11. Родовище Довголука розташоване на відстані близько 14 км на південний захід від залізничної станції Стрий Стрийського району Львівської області.

Солі сірчанокислі (сульфатні).

За вихідними даними ДНВП "Геоінформ України" запаси калійної солі, що обліковані відповідно до протоколу НТР 1966 № 835 р. становлять:

Категорія запасів	Запаси, тис. т		Вміст K_2O, %
	Сирих солей	K_2O	
C_1	45998	5206	11,32

Результати верифікації

Родовище не розроблялося.

З урахуванням вихідних даних, обліковані запаси солі калійної пропонується класифікувати:

Корисна копалина	Одиниця виміру	НТР СРСР			Код класу РКООН		
		Категорія геологічної вивченості	Кількість		E	F	G
			сирих солей	K_2O			
Сіль калійна	тис. т	C_1 (розвідані запаси)	45998	5206	**3.2**	**3.2**	**3**

12. Родовище Улично розташоване на відстані близько 8,5 км на південний схід від м. Стебник Дрогобицького району Львівської області.

Солі сірчанокислі (сульфатні), рудні тіла яких, залягають у вигляді синклінальної складки (рис.8).

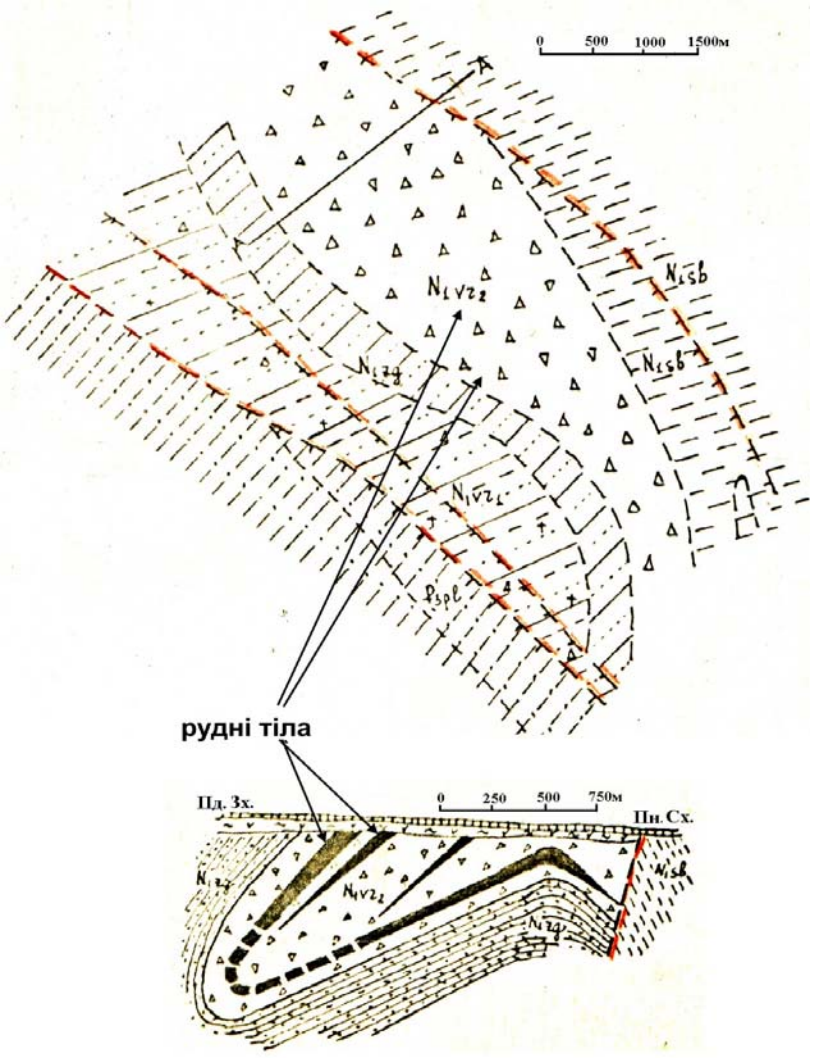


Рис. 8. Схематичні геологічна карта та розріз із локалізацією рудних тіл родовища Улично

За вихідними даними ДНВП «Геоінформ України» запаси калійної солі, що обліковані відповідно до протоколу НТР 1965 № 746 р. становлять:

Категорія запасів	Запаси, тис. т		Вміст K_2O, %
	Сирих солей	K_2O	
C_1	76860	7866	10,23

Результати верифікації

Родовище не розроблялося.

З урахуванням вихідних даних, обліковані запаси солі калійної пропонується класифікувати:

Корисна копалина	Одиниця виміру	НТР СРСР			Код класу РКООН		
		Категорія геологічної вивченості	Кількість		E	F	G
			сирих солей	K_2O			
Сіль калійна	тис. т	C_1 (розвідані запаси)	76860	7866	**3.2**	**3.2**	**3**

Висновок

Розвиток калійної промисловості та власної мінеральної бази калійних добрив в Україні є вкрай актуальним.

Для розвитку калійної промисловості Україна має потужну сировинну базу. Але незважаючи на існуючу потребу в калійних добривах і сприятливі сировинні умови, калійна промисловість знаходиться на межі повного занепаду, а Україна на теперішній час імпортує добрива з Європи, Близького і Середнього Сходу, Північної Африки.

Для досягнення поставленої мети потрібно:

– виконати аналіз матеріалів геологозйомочних, пошукових, пошуково-розвідувальних та інших робіт на різні види корисних копалин, проведених в Передкарпатському регіоні;

– провести детальне вивчення геологічних і геофізичних матеріалів по виявлених родовищах і площах калійних і кам’яної солей;

– виконати аналіз якісних показників покладів кам’яної і калійних солей;

– встановити закономірності розміщення родовищ солей;

– опрацювати методики пошуково-розвідувальних робіт на солі;

– враховувати істотні зміни, що відбуваються після оцінки та постановки на відповідний облік родовищ (ділянок надр) у попередні роки, зокрема: додаткові етапи геологорозвідувальних (дорозвідка, довивчення); результати оцінок та експертних висновків (протоколи ДКЗ, НТР, ЕТР та інші), що здійснювались пізніше за результатами додаткових досліджень; результати видобутку та діяльності гірничодобувного підприємства, що здійснював промислове освоєння родовища після затвердження запасів; зміна технологій видобутку та переробки мінеральної сировини; обставини що вплинули на контури підрахованих запасів та ресурсів корисних копалин (заповідні та охоронні зони, житлові та промислові забудови, природні та техногенні впливи та інші обставини).

Перспективні ресурси кам’яної солі Передкарпатського соленосного басейну становлять 2,5 млрд т у разі необхідності сировинну базу можна збільшити.

У напрямку відновлення і розвитку калійної промисловості постає завдання розширення сировинної бази, раціонального її використання на основі відновлення промислового потенціалу підприємств галузі (модернізація технологічних ліній) і впровадження економічно доцільних технологій експлуатації родовищ при жорсткому дотриманні екологічної рівноваги.

Окремим завданням є залучення до експлуатації малих і середніх родовищ шляхом впровадження геотехнологічного методу, що має і стійкі екологічні, і економічні, і технологічні переваги.

Список використаних джерел:

1 Державний баланс запасів корисних копалин України на 01.01.2024 р. Державна служба геології та надр України, Державне науково-виробниче підприємство "Державний інформаційний геологічний фонд України", 2024

2 Кодекс України про надра. Закон України № 132-94. 1994. http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/ 132/94-%D0%B2%D1%80

3 Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин Державного фонду надр. (1997). Офіційний вісник України, 19, 104

4 Методичні вказівки щодо застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ викопних солей. Затверджено наказом Державної комісії України по запасах корисних копалин від 3 березня 2016 № 74.

5 План для 2024–2027 Ukraine Facility (2024). https://www.ukrainefacility.me.gov.ua/

6 Про затвердження переліків корисних копалин та компонентів стратегічного та критичного значення і переліків ділянок надр (родовищ корисних копалин) стратегічного та (або) критичного значення: Постанова Кабінету Міністрів України від 14.07.2025 № 845. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/845-2025-%D0%BF#Text

7 Рудько Г.І., Петришин В.Ю. Соляні ресурси Передкарпаття та перспективи їх використання. Київ; Чернівці: Букрек, 2017

УДК 553.042

ОСУШЕНІ РОДОВИЩА ТОРФУ: ПОТЕНЦІАЛ ТА РИЗИКИ

Колчев К.М., *аспірант, Kolchev.Ko.M@nmu.one,*
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна

Розглянуто існуючу сировинну базу торфу осушених родовищ (Рівненська область) як перспективний потенціал для залучення ресурсів в якості інвестиційних об'єктів з урахуванням індивідуальних ризиків.

DRAINED PEAT DEPOSITS: PROSPECTS AND RISKS

Kolchev K., *postgraduate, Kolchev.Ko.M@nmu.one,*
Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

The existing raw material base of drained peat deposits (Rivne region) is considered as a promising potential for attracting resources as investment objects, taking into account individual risks.

Вступ. Умови існуючого споживання енергоресурсів зобов'язують вчених не тільки до фундаментальних досліджень будови, функціонування і розвитку Землі, але й до активної розробки практичних рішень, орієнтованих на потреби суспільства.

Протягом періоду воєнної агресії РФ зростає потрібність забезпечення задоволення комунально-побутових потреб населення. Частково на даному і наступному етапах відновлення паливно-енергетичної галузі, що компенсують дефіцит кам'яного вугілля, необхідно розглядати торф.

Торф є корисною копалиною загальнодержавного значення відповідно до Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази (МСБ) України. За промислово-економічним значенням торф віднесено до категорії Б, тобто це «… *види корисних копалин, що видобуваються в Україні в обмежених обсягах, собівартість їх видобутку забезпечує граничний економічно вигідний рівень рентабельності, але їх розробка ускладнена екологічними проблемами, розвідані запаси родовищ невеликі або виснажені, нові родовища недостатньо вивчені, водночас потреба в таких видах корисних копалин зумовлена розвитком промисловості*» [1].

Для розширення мінерально-сировинної бази України у цьому напрямку в Програмі розвитку заплановані пошуки та розвідка родовищ.

Державний баланс запасів торфу України визначає родовища за ступенем їх промислового освоєння з чотирма основними показниками:

- кількість родовищ;
- площа у нульовий межі, в межі промислової глибини, залишок в межі промислової глибини;
- балансові запаси;
- позабалансові запаси;

У зв'язку з концепцію розвитку МСБ України відносно торфу, доцільно розглянути використання ресурсів осушених торф'яних родовищ.

Основний матеріал.

Державним балансом запасів корисних копалин України враховано понад 125 осушених родовищ торфу із сумарними запасами 157 205 тис. т. [2], що складає 34,1% від загальної кількості запасів категорії А+В+C_1+C_2+ забалансові.

При двосторонній зацікавленості держави та надрокористувача у розробці осушених родовищ торфу обидві сторони можуть бути не задоволеними отриманими результатами.

З одного боку держава, при видачі спеціального дозволу (СД) на право користування надрами або шляхом проведення електронних торгів, розраховує отримувати доходи до бюджету у вигляді разових (вартість СД), регулярних (рентна плата, екологічний податок) доходів та відповідних платежів. На стадії розрахунку вартості СД інформація для розрахункових показників базується на даних фондових геологічних звітів та діючій ціни одиниці товарної продукції [3,4]. Відповідно існує можливість некоректного розрахунку вартості дозволу з одноманітним використанням сировини та неповного переліку напрямків

використання корисної копалині у спеціальному дозволі на користування надрами.

З іншого боку, надрокористувач, плануючи видобуток кількості сировини із зазначеними властивостями, може не отримати відповідний дохід від реалізації сировини або продукції з неї

На даний час відсутня практика розробки осушених у 70-80 рр. минулого століття родовищ торфу, у зв'язку з чим надрокористувач, інвестуючи у видобутку торфу на осушених родовищах, може зустрітися з певними ризиками.

Геологічний ризик виникає через непередбачуваність і динамічність геологічного середовища після осушення покладу з урахуванням багаторічного використання поверхні під посіви сільськогосподарських культур. Цей ризик має основний вплив на розробку родовища, де якісні властивості корисних копалин схильні до змін. В основному даний ризик характеризується невизначеністю в таких аспектах:

- непідтверджені якості та кількості запасів торфу;
- несприятливості у геологічної будові;
- перерозподіл кількості сировини для використання як паливо та як добриво;

Існування лише непідтверджених даних про якість і кількість запасів торфу зумовлює можливість збитків, зниження доходів, збільшення витрат, затримки в окупності інвестицій і погіршення ключових економічних показників, таких як чиста приведена вартість (NPV) і внутрішня норма прибутковості (IRR). Що в цілому визначається як *економічний ризик*.

Індикатором *екологічного ризику* є процедура оцінки впливу на довкілля провадження планованої діяльності видобутку торфу [5]. За результатами оцінки впливу на довкілля провадження планованої діяльності вважається допустимим (при виконанні екологічних умов) або недопустимим. Наразі значною невизначеністю для даного ризику є відсутність, при отриманні СД через аукціон, інформації від Міністерства охорони навколишнього середовища та природних ресурсів України про наявність у межах осушених родовища торфу ділянок природно-заповідного фонду, міжгосподарських осушувальних меліоративних систем тощо.

Основним джерелом *правового ризику* для розробки осушених родовищ є недосконаліть вітчизняного законодавства, що призводить до правових колізій. На додаток до цього також процедури змін законів, що трансформують умови ведення економічної діяльності [6]. В основному правові ризики на даний момент зводяться до процедур подолання адміністративних бар'єрів узгодження дозвільної документації для розробки родовища..

Не можна не відзначити *соціальний ризик*. Частина осушених родовищ торфу розташована на сільськогосподарських землях, поблизу населених пунктів. В останні роки почастішали ситуації, коли місцеве населення перешкоджає розробці родовищ, транспортуванню сировини або готової продукції.

Таким чином, розробка осушених родовищ торфу вимагає комплексного підходу, що враховує взаємозв'язок зазначених ризиків. Недооцінка одного ризику може спровокувати інші, що призведе до негативних наслідків для надрокористувача. Успішна розробка торф'яних родовищ можлива тільки за умови забезпечення економічної доцільності, екологічної стійкості та соціальної відповідальності.

Методи досліджень.

Було проведено комплекс досліджень щодо успішної розробки осушених родовищ торфу з застосуванням: *теоретичного методу* (аналіз фондової геологічної інформації на момент затвердження запасів торфу, узагальнення та порівняння з існуючим станом покладів), *емпіричного методу* (опис осушених родовищ торфу, площі осушених родовищ), *методу статистичної обробки* (відображення проаналізованої інформації проведених лабораторних випробувань та польових опробувань у вигляді таблиць та графіків).

Аналіз стану осушених родовищ здійснювався на прикладі родовищ низинного торфу Урочище Дворище, Семідубське, Верба, Видранка та Птича, розташованих у

Дубенському районі Рівненської області. Первинна геологічна інформація по родовищах базується на даних геологічних звітів, що знаходяться у Державному інформаційному геологічному фонді України. Сучасна геологічна інформація про стан родовищ отримана на підставі проведених польових робіт із зондування та опробування покладів.

На прикладі Урочище Дворища було визначено показники NPV (чиста поточна вартість) та IRR (внутрішня норма прибутковості) та проведено аналіз чутливості NPV до змін складових NC (річних чистих потоків готівки), а також наскільки NPV є чутливим до змін складових NC з урахуванням геолого-економічних ризиків. Для розрахунку було прийнято вплив геологічного ризику в частині змін промислових запасів торфу та перерозподіл кількості сировини для використані як паливо та добриво; змін вартості дизельного палива та електроенергії.

Результати.

У табл. 1 наведено зміни загальних показників на підставі опробування торфових покладів інтервалом 0,5 м.

Таблиця 1. Зміни загальних показників

Назва об'єкта досліджень	Період	Стан	Загальні показники (зміни)					
			Абсолютні відмітки	Органічний ґрунт	Зольність A^c	Ступінь розкладу R	Вологість W	Хімічний склад
Урочище Дворище	1984 р	осушене		відсутній				
	2025 р	початок експлуатації	повністю	наявний	збільшено	збільшено	значно зменшено	змінено
Верба	1983 р	осушене		відсутній				
	2025 р	частково використовується під посадку с/г культур	частково	часткова присутність	частково збільшено	частково збільшено	зменшено	змінено
Птича	1984 р	осушене		відсутній				
	2025 р	Частково використовується під посадку с/г культур	повністю	часткова присутність	частково збільшено	частково збільшено	зменшено	змінено
Видранка	1984 р	осушене		відсутній				
	2025 р	Частково використовується під посадку с/г культур	частково	часткова присутність	частково збільшено	частково збільшено	зменшено	змінено
Семидубське	1984 р	Осушене		відсутній				
	2025 р	використовується під посадку с/г культур	повністю	наявний	частково збільшено	частково збільшено	значно зменшено	змінено

За результатами змін загальних показників розрахунок NPV з урахуванням запасів, вказаних у СД, та перерахунком запасів у зв'язку зі змінам властивостей торфу, показав зменшення NPV у 3 рази та IRR в 2,1 рази. Але і при зменшені вказаних показників підприємство має сумарний чистий дисконтований грошовий потік утричі більше, ніж капіталовкладення з урахуванням діючої облікової ставки НБУ.

Показник NPV з змінами складових NC показав чутливість:

- 67,1-82,3% до перерозподілу кількості сировини для використання як паливо та добриво;
- 35,3% до зменшення запасів;
- 16,8 - 42,6% до зміни вартості на електроенергію на 20% - 30% в разі виробництва паливних брикетів;
- 6,4-24,5% до зміни вартості на паливо.

Висновки.

1. Аналіз фондових матеріалів і результатів польових досліджень показав, що

протягом останніх 40-50 років практично у всіх пунктах відбору проб відбулися зміни, які значно впливають на якість та кількість запасів, що можна інтерпретувати як геологічний ризик. В загальному обсязі індивідуальних ризиків він найбільше впливає на результати розробки родовищ.

2. Спираючись на математичні методи, можна оцінити геологічні, економічні та екологічні ризики. Оцінити правові ризики практично неможливо, оскільки в певних випадках це виходить за межі можливостей надрокористувача.

3. Базуючись на методах моделювання грошових потоків отримані нами показники NPV та IRR свідчать про економічну доцільність розробки осушених родовищ торфу.

Список використаних джерел:

1. Закон України 3268-VI “Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року”. Відомості Верховної Ради України від 21.04.2011р., №44, стаття 457. (Із змінами)
2. Державний баланс запасів корисних копалин України за 2024 р. Торф. (2025). Державне науково-виробниче підприємство “Державний інформаційний геологічний фонд України”.
3. Постанова Кабінету Міністрів України “Про затвердження Методики визначення початкової ціни продажу на аукціоні (електронних торгах) спеціального дозволу на користування надрами” від 15.10.2004р. № 1374. (Із змінами)
4. Ціна одиниці товарної продукції гірничого підприємства – видобутої корисної копалини (мінеральної сировини) [Електронний ресурс]-2025. Режим доступу до ресурсу: https://www.geo.gov.ua/nadrokorystuvannya/tsina-odynytsi-tovarnoyi-produktsiyi/.
5. Закон України 2059-VIII “Про оцінку впливу на довкілля”. Відомості Верховної Ради України від 23.05.2017р. №29, стаття 315. (Із змінами)
6. Податковий кодекс України 2755-VI. Відомості Верховної Ради України від 04.09.2025р., №13-14, № 15-16, № 17, стаття 457. (Із змінами)

УДК 553.493:553.04:622.3

ІСТОРІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ГРАФІТОВМІСНИХ ВІДКЛАДІВ ТА ЇХНІЙ ІНВЕСТИЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ

Кляпчук Б.Я., *аспірант, geograf.bogdan@gmail.com,*
Інститут геологічних наук НАН України

У роботі висвітлено основні етапи дослідження вуглецевих мінеральних фаз у межах Українського щита (УЩ), зокрема графітовмісних порід, що формуються внаслідок метаморфізму та вивітрювання. Окрему увагу приділено інвестиційній ситуації навколо ключових родовищ та їх ділянкам, таких як: Балахівське, Буртинське, Заваллівське, Петрівське. Розглянуто геоекономічні чинники, які впливають на оцінку стратегічного потенціалу графіту

HISTORY OF RESEARCH ON GRAPHITE DEPOSITS AND THEIR INVESTMENT POTENTIAL

Klyapchuk B., *postgraduate, geograf.bogdan@gmail.com,*
Institute of Geological Sciences of Ukraine National Sciences Academy

The study highlights the main stages of research into carbon-bearing mineral phases within the Ukrainian Shield (US), with particular emphasis on graphite-bearing rocks formed through metamorphic and weathering processes. Special attention is given to the investment landscape surrounding key deposits and their respective sites, including Balakhivske, Burtynske, Zavallivske, and Petrivske. Geo-economic factors influencing the assessment of graphite's strategic potential are examined.

Вступ. В умовах політичної напруженості і поляризації світу між глобальними військово-політичними гравцями, а також між геополітичними групами і союзами, питання незалежності в секторі видобутку критичних і не тільки корисних копалин стає як ніколи актуальним. Залежність від зовнішніх поставок енергії, ресурсів і послуг використовується як інструмент впливу. Згідно прогнозу Fastmarkets, що був озвучений на конференції MSP в березні 2024 року, до 2030 року споживання графіту в світі виросте на 400 % [1]. Графіт є стратегічним елементом для української промисловості, адже використовується у металургії, атомній енергетиці, машинобудівній та хімічній промисловості.

Як приклад, варто згадати, що 4 червня 2025 року Євро Комісія визначила 13 стратегічних проєктів за межами Європейського Союзу, які мають забезпечити його потреби при збереженні незалежності від зовнішніх поставок [2]. Серед них є 2 проєкти, пов'язані з видобутком, екстракцією та збагаченням графіту – «Amitsoq», що належить «GreenRoc» і реалізується на родовищі графіту в регіоні Нанорталік, південна Гренландія [1] та комерційний проєкт «BGV Graphite», що розвивається на потужностях ТОВ «Розвиток Побужжя» на Балахівському родовищі графіту, Кіровоградська область [3]. Не варто забувати про купівлю спецдозволу на Городнявську ділянку Буртинського родовища графіту в 2021 році компанією «СПИС-Україна», що є дочірньою до турецької бізнес-групи «ONUR» [4].

Українські родовища графіту представляють інтерес не тільки для українських інвесторів і держави, але й для іноземних потенційних покупців та інвесторів.

Основний матеріал. Перші документальні підтвердження наявності графітовмісних родовищ датуються 80-ми роками XIX століття (Конткевич С.Н., 1881; Романовський Г.Д., 1889; П'ятницький П.П., 1898) [5]. Першу збірку по графітовим родовищам і рудопроявам на Українському щиті зробив Дубина І.В у 30-тих роках XX століття [6]. В 1979-1981 роках Зінчевська Л. Н. проводила пошуки графітовмісних відкладів в межах Західно–Інгулецької зони розломів, і провела загальні пошуки графіту на Балахівському тоді ще рудопрояві та Петрівському родовищі, а також на Варварівському і Кодацькому проявах графіту [7]. В 1981 році була проведена масштабна робота з геолого-економічної оцінки графітоносності Українського щита Центральною тематичною експедицією Міністерства Геології СРСР у

1981 р. (М.Ф. Таранюк) [5]. Також значний вклад в дослідження графітовмісних відкладів та гірських порід вніс Яценко Віктор Германович, автор монографії «Геологія, мінералогія та генезис графіту Українського щита» (рис. 1), 2000 рік [6].

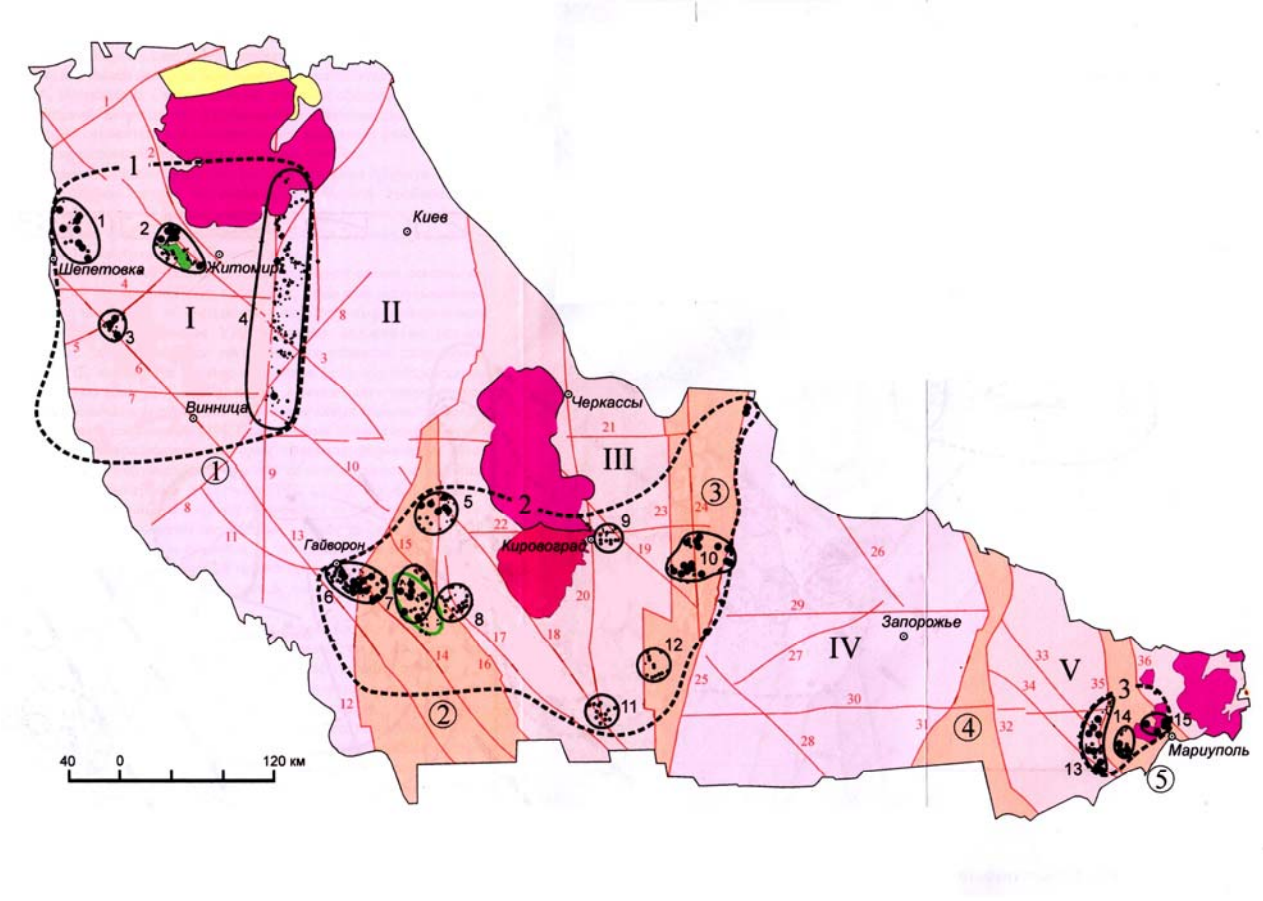


Рис. 1. Карта графітовмісних провінції і районів Українського щита за матеріалами [6]

Одним з перших родовищ графіту, де проводився видобуток, було Петрівське, розташоване в Кіровоградській області приблизно 5 кілометрів на південь від селища Петрове. Там видобуток почали ще наприкінці XIX-століття, так як каолінітова кора вивітрювання гнейсу графіт-біотитового в деяких місцях виходила на поверхню і продовжували видобуток до 1939-го року. Паралельно проводили геологорозвідувальні і пошукові роботи в кінці 20-х і в 30-х рр. XX століття, результатом яких було закладення ділянки «Власівська» [7].

За даними [7] запаси за категорією C_2 на ділянці «Власівська» – 1, 696 млн. т. графітової руди і 115 тис. т. графіту, затверджені в 1958 році. Запаси ділянки «Білі Горби» за категорією C_1 – 358 тис. т. графітової руди і 25 тис. т. графіту, затверджені в 1939 році. Однак, більша частина території ділянки «Власівська» та частково ділянки «Білі Горби» перебувають на території ботанічного заказника «Власівська балка» та в межах «Смарагдової мережі» (Emerald network), що створена для збереження біосферного різноманіття та унікальних видів рослин і тварин і захищаються уставом Бернської конвенції від 1982 року в Європі та світі. Україна ратифікувала цю конвенцію в 2016 році, і це ускладнює, якщо не унеможливлює, реалізацію видобувного проєкту на базі Петрівського родовища графіту. В Україні вже був випадок, коли уставом Бернської конвенції було зупинено реалізацію комерційного проєкту – кейс з вітровою електростанцією від «Atlas Volovets Energy» на «Полонина Боржава» в 2017 – 2019 роках [8].

Заваллівське родовище графіту було виявлено в 1924 році Красовським А.В., в подальшому в 1928-1929 роках проведенні пошукові роботи Гуляевою А.В. і Лавровичем Н.С.,

результатом яких стало закладення ділянок «Південна» та «Основна» і доведення промислової доцільності видобутку на Заваллівському родовищі [9]. В період з 1939-1941 рр. та 1945-1955 рр. була проведена детальна геологорозвідка Заваллівського родовища і були затверджені сумарно мінімально запаси графітової руди 40 млн.т. на ділянках «Хутір Андріївка», «Південно-східна» та «Південна смуга». З 1969-1971 рр. була проведена попередня розвідка ділянки «Проміжна», запаси графітової руди склали по категорії C_1 -19,5 млн.т. В 1971-1982 рр. проведена детальна розвідка ділянки «Проміжна» та «Південно-Східна» по глибших горизонтах залягання руди, детальна розвідка ділянки «Правобережна», проведена переоцінка запасів за новими кондиціями ділянок «Хутір Андріївка» і «Південна смуга» [9]. Зараз всі ліцензовані ділянки Заваллівського родовища перебувають в управлінні ПрАТ «Заваллівський графітовий комбінат», за винятком ділянки «Зарічна», що перебуває в користуванні ТОВ «Українська постачальна група» (бенефіціар Буткевич Геннадій Владиславович) [10].

Балахівське родовище графіту розташоване за 13 кілометрів на північ від центру Петрівської ОТГ Кіровоградської області. Було виявлене в 1961-1965 рр. під час геологічної зйомки масштабу 1:50000 (Етингоф М.М.), разом з Варварівським проявом графіту [7]. Протягом 1982-1985 рр. Криворізькою геологорозвідувальною експедицією були проведені детальні пошуки графіту в межах Західно-Інгулецької зони розломів, за результатами яких здійснена оцінка графітових руд з підрахунком запасів по Балахівському родовищу та прогнозних ресурсів по Варварівському і Кодацькому рудопроявах. В часи незалежності в 1992-1993 рр. Криворізька геологорозвідувальна експедиція провела на родовищі попередню геологорозвідку (Постолюк, 1993), а в період 1993-2000 рр. – детальну геологорозвідку (Постолюк, 2001) в південній зоні родовища. Прогнозні запаси всього родовища – 1 млрд. т. графітової руди. В 1993 році в межах ділянки «Південна» за категорією $B+C_1+C_2$ були затверджені запаси – графітової руди 42,5 млн. т. та 2,5 млн. т. графіту. Наразі спецдозвіл на цю ділянку перебуває з 2019 року в управлінні ТОВ «Розвиток Побужжя», що є частиною «BGV Group Management» [11].

Буртинське родовище графіту, що знаходиться в північній частині Хмельницької області, було виявлено в 1953 році Клушиним В.І., в наступному році наявність графіту була підтверджена бурінням [12]. В 1981–1984 рр. Житомирською геологорозвідувальною експедицією були проведені загальні пошуки графіту в Північно - Західній частині Українського щита. Роботи проводилися на 9 ділянках, найперспективнішою з яких виявилась Буртинська ділянка з прогнозними ресурсами графітової руди 423 млн.т., графіту – 25 млн.т. [12]. В 1984-1988 рр. Житомирською геологорозвідувальною експедицією було проведено пошуково-оцінювальні роботи, за результатами яких визначено, що на північно-західному фланзі Буртинського родовища в межах ділянок «Городнявська» та «Майданська» зосереджено 321,7 млн.т. при середньому вмісті графіту – 6,35%. В 1989-1992 рр. проведена попередня розвідка в межах «Городнявської» та частково «Майданської» ділянок [12]. А в 1993-1995 рр. на «Городнявській» ділянці виконано детальні роботи по оконтуренню корисної копалини за категоріями C_1 та C_2. В 2004 р. проведено розвідку «Городнявської» ділянки з метою її геолого-економічної оцінки з підрахунком запасів за категоріями В, C_1, C_2, а також попередню оцінку «Майданської», «Хмелівської» та «Лісової» ділянок із загальними запасами руди категорій C_2+P_1 – 395 млн.т. з середнім вмістом графіту – 5,14%, при цьому запаси «Хмелівської», не підраховувались, а запаси «Лісової» в категорії C_2 майже 23 млн. т. руди. У 2019 році Правобережною геологічною експедицією на «Майданській» ділянці Буртинського родовища було проведено попередню геолого–економічну оцінку, за результатами якої було апробовано запаси графітових руд за категорією C_2 25,5 млн.т.

Як згадувалося вище, в березні 2021 року спецдозвіл на «Городнявську» ділянку купила ТОВ «СПИС Україна» [4]. В межах інших ділянок немає об’єктів ПЗФ, за винятком ділянки «Лісова», що повністю лежить в «Смарагдовій мережі». Південні межі «Хмелівської»

проходять дуже близько до північних околиць села Буртин. Північно-західні межі «Майданівської» лежать в безпосередній близькості до північних околиць села Михайлючка, що може ускладнити видобуток, так як можливий кар'єр буде проходити по території населених пунктів.

Висновок. Історія вивчення графітових відкладів в межах Українського щита довга і наповнена великою кількістю прикладних досліджень. Основна мета таких досліджень – вивчити конкретне рудне тіло чи родовище для обґрунтування доцільності видобутку. Фундаментальних досліджень графітовмісних порід і відкладів вже не так багато. Так склалося в основному через недостатнє фінансування та складність дослідження мінеральних вуглецевих фаз.

В Україні наразі є лише один діючий графітовий комбінат. Це ПрАТ «Заваллівський графітовий комбінат», який був закладений в 1930-му році на базі одного з найбільших родовищ в світі. Станом на сьогодні значна частина ділянок є відпрацьованою, а для продовження видобутку і збагачення необхідні значні інвестиції. Однак потенціал для подальшої роботи комбінату за умови модернізації ще є, його вистачить на три десятиліття активної експлуації. В підпорядкуванні комбінату перебувають майже всі ліцензовані ділянки Заваллівського родовища графіту.

Нині готуються до видобутку дві ділянки графітовмісних покладів – це «Південна» Балахівського родовища графіту та «Городнявська» Буртинського родовища. Варто наголосити, що це комерційні амбітні проєкти, які розраховані на десятки років експлуатації.

Об'єктів надрокористування, які можуть зацікавити потенційних покупців, достатньо. Це може бути одна з трьох ліцензованих ділянок Буртинського родовища графіту – «Лісова», «Майданівська», чи «Хмелівська», або ділянки Петрівського родовища – «Власівська» чи «Білі Горби». Об'єкти мають різний рівень геологічної дослідженості, в багатьох вік даних сягає більше 25-ти років. Тому виникає необхідність в проведенні додаткових досліджень, в тому числі геологорозвідувальних робіт.

Список використаних джерел:

1. GreenRoc. Graphite Anode Material [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://greenrocplc.com/graphite-aam-processing-plant-scandinavia (дата звернення: 24 вересня 2025 року).
2. European Commission. Commission selects 13 Strategic Projects in third countries to secure access to raw materials and to support local value creation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_25_1419 (дата звернення: 24 вересня 2025 року).
3. BGV Graphite. Про проєкт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.bgv-graphite.com.ua/about/ (дата звернення: 24 вересня 2025 року).
4. Prozorro.sale. . Аукціон спецдозволу Городнявської ділянки Буртинського родовища графіту [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://prozorro.sale/auction/UA-PS-2021-02-09-000050-3/ (дата звернення: 24 вересня 2025 року).
5. Лижаченко Н. Порівняльна геолого-промислова оцінка графітових родовищ України [Електронний ресурс] / Н. Лижаченко. – 2012. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/344949183_PORIVNALNA_GEOLOGO-PROMISLOVA_OCINKA_GRAFITOVIH_RODOVIS_UKRAINI (дата звернення: 24 вересня 2025 року).
6. Яценко В.Г. Геологія, мінералогія та генезис графіту Українського щита / В.Г. Яценко. – Київ : Логос, 2008. – 127 с. – ISBN 978-966-171-132-6.
7. Інвестиційний атлас надрокористувача. Неталічні корисні копалини. Богословський і Воєводівський прояви графітових руд.

8. Українська природоохоронна група. Бюро Бернської конвенції рекомендує призупинити проект з будівництва ВЕС на Боржаві [Електронний ресурс]. – 25.11.2019. – Режим доступу: https://uncg.org.ua/borzhava/ (дата звернення: 24 вересня 2025 року).

9. Муштаєв О., Бондарчук С., Федорчук О. Повторна геолого-економічна оцінка ділянки «Південно-Східна» Заваллівського родовища графіту в Гайворонському районі Кіровоградської області / О. Муштаєв, С. Бондарчук, О. Федорчук. – 2021.

10. НАДРА.ІНФО. Замість інвестувати – австралійські власники хотіли оголосити «Заваллівський графіт» банкрутом [Електронний ресурс] // Інтерв'ю з Р. Сарамагою. – 2025. – Режим доступу: https://nadra.info/2025/02/roman-saramaga-instead-of-investing-australian-owners-wanted-to-declare-zavallivskyi-graphite-bankrupt/ (дата звернення: 24 вересня 2025 року).

11. BGV Graphite. Про проєкт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.bgv-graphite.com.ua/about/ (дата звернення: 24 вересня 2025 року).

12. Інвестиційний атлас надрокористувача. Неметалічні корисні копалини. Буртинське родовище графітових руд. Ділянка «Майданська». – Режим доступу: https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/presentations/ukr/investicijnij-atlas-nadrokoristuvacha-strategichni-ta-kritichni-minerali.pdf (дата звернення: 24 вересня 2025 року).

УДК 553.041

ІНДИВІДУАЛЬНА СУБ'ЄКТИВНІСТЬ ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ ОБ'ЄКТИВНОСТІ

Леськів І.В., *к. геол.-мін. н., igles-7@i.ua,*
Всеукраїнська нафтова асоціація Світового нафтового конгресу, м. Київ, Україна

Нафтогазовидобувна промисловість України з 50-х років ХХст. через екстенсивний видобуток вуглеводнів (ВВ) і порушення технологічних регламентів, які призводили до передчасного обводнення покладів, за 65 років пройшла всі етапи кривої К. Харбера і знаходиться на завершальному етапі падаючого видобутку ВВ. Державна наука за останні 30 років так і не спромоглася обґрунтувати нові напрями, чи конкретні об'єкти для пошуків ВВ. Дійовим заходом по стабілізації падіння видобутків ВВ можуть бути виявлені після перегляду даних по виснажених родовищах нетрадиційні пастки ВВ. У статті наведені виявлені на родовищах ВВ у регіонах України нові пастки, що потребують дорозвідки та освоєння.

INDIVIDUAL SUBJECTIVITY TO ACHIEVE OBJECTIVITY

Leskiv I., *Cand. Sci. (Geol.-Mineral.), igles-7@i.ua,*
Nationwide Petroleum Association of the World Petroleum Congress, Kyiv, Ukraine

The oil and gas industry of Ukraine since the 50s of the twentieth century through extensive hydro-carbon production and violation of technological regulations, which led to premature delineation of deposits, in 65 years passed all stages of the K. Harber curve and is at the final stage of declining hydro-carbon production. State science over the past 30 years has not been able to substantiate new directions or specific objects for hydrocarbon exploration. The current measure to stabilize the decline in hydrocarbon production can be detected after reviewing data on depleted fields, unconventional hydrocarbon pastes. The article presents traps discovered at hydrocarbon fields in the regions of Ukraine that require additional exploration and development.

У 1950-х роках перші родовища ВВ в Україні вражали своїми параметрами. У 1950 р. у західному регіоні відкрили Долинське нафтове родовище на глибинах 1500-3000 м площею 26,9 км^2 і видобувними запасами 37,9млн.т, а у східному – Шебелинське газове площею 23,1 км^2 на глибинах 1450-1800 м із запасами 608 млрд м^3. У 1953 р. на заході – Рудківське газове на глибинах 1300-1500 м, площею 84 км^2 і запасами 24,6 млрд м^3, а у 1958 р. на сході Глинсько-Розбишівське нафтове на 1825-2300 м площею 21 км^2 і запасами 27,3 млн т.

Розпочалися активні пошуки нових родовищ, їх освоєння та видобуток вуглеводнів (ВВ), будівництво нафтопереробних заводів (НПЗ), газонафтопроводів, підземних сховищ газу і його експорт. Екстенсивний видобуток ВВ і порушення технологічних регламентів, призводили до ускладнень і передчасного обводнення покладів. З початку розробки в Україні видобуто 2,15 трлн м^3 газу, 340 млн т нафти і 82 млн т конденсату.

Пошуки перспективних об'єктів велися виключно сейсморозвідкою і ця тенденція архаїчно збереглася до сьогодні. У 2006 р. державою за кошти надрокористувачів за видобуті ВВ на геолого-розвідувальні роботи (ГРР) було підготовлено 13 структур площею 168 км^2, пробурено 553 тис. м свердловин та приросщено запасів газу у кількості 29 млрд м^3 і нафти 2,3 млн т. У 2010 р. надрокористувачами перераховано на ГРР 107 млн дол. США. Міністерство екології у 2011 р. ліквідувало статтю на ГРР і кошти надрокористувачів за видобуті ВВ стали поступати на іншу статтю держбюджету. У 2013р. з держбюджету на ГРР виділили тільки 31млн грн, через дефіцит коштів галузь "лягла" на дно, що призвело до ліквідації газонафторозвідувальних підприємств та УкрДГРІ – єдиного в Україні інституту з розробки напрямів робіт на ВВ і обліку структур.

У 2015 рр. підготували для пошуків останню структуру, а у 2020 р. вийшов з друку останній "Фонд структур України".

Згідно кривої К. Харберта Україна по 65 роках розробки родовищ увійшла у стадію завершального етапу видобутку ВВ з її надр, що вимагає корегування процесів видобутку і знаходження шляхів сповільнення їх падіння. Пропоновані державні програми по збільшення видобутку ВВ типу 20/20 та інші були необґрунтованими популістськими авантюрами, що притаманно керівникам компаній юристам-"універсалам", які замість праць Харберта користуються 10-розрядними калькуляторами. Після пропозицій

академічної науки у 70-і роки вести пошуки ВВ у відкладах фундаменту на північному борту ДДЗ та на крупних Оболонській і Бовтиській структурах, інших пропозицій від неї не поступило й досі. Із залишкових у надрах України ресурсів ВВ можлива тільки нетривала стабілізація їх річних видобутків.

На сьогодні глибини свердловин 5-6 тис. м стали буденністю, але запаси газу відкритих на таких глибинах покладів не перевищують 1 млрд м^3. Встановлений у часи СРСР мінімальний рентабельний дебіт газу зі свердловини з 5 тис. м^3/д законодавчо знижений до 0,1 тис. м^3/д. З 2006 р. на ринок видобувачів ВВ почали приходити приватні користувачі надр і у 2023р. вони видобули вже 30 % із загальнодержавного видобутку газу. Видобуток ж ВВ державними видобувачами неухильно знижується. Ціни на біржі за газ в Україні мінялися у тис. грн з ПДВ/1000 м^3: 12,5 у 2018 р., 3,8 – у 2020 р і 15,9 – у 2024 р.

Сейсморозвідка залишалася єдиним методом пошуків нових структур, але точність побудов не зростала. Свердловина №2 Південні Пиняни розкрила перспективні відклади нижнього сармату з глибини 1150 м, що на 400 м глибше від проєкту. Перспективний горизонт був зрізаний Стебницьким насувом, підошву якого, як яскраву акустичну поверхню, сейсморозвідники “не помітили”. ДП “Укргеофізика” встановила для себе допустимі похибки, які для перспективних товщ до глибин 4,5 км як по глибині, так і по латералі сягають 100 м. Зображене на карті порушення лінією товщиною 1мм у натурі представляє собою смугу ймовірності шириною 200 м, що іноді близька до ширини об’єкту. За весь період пошуків структур невідповідність геофізичних побудов фактично розкритим свердловинами розрізам відбулася на десятках об’єктів, але автору невідомо жодного випадку, щоб хтось зі сейсморозвідників за "порожні" свердловини поніс якесь з діючих покарань. У той же час за кожну ліквідовану з технічних причин свердловину виконавці обов'язково каралися.

При не підтвердженні сейсмічних даних бурінням надрокористувачі повторно виконують аналогічні дослідження, у тому числі дорогі 3D, але вже іншими виконавцями. Отримані результати робіт відрізняються від попередніх, але теж не завжди підтверджуються новими свердловинами.

Враховуючи відсутність на сучасному етапі виявлених об’єктів для пошуків ВВ одним із шляхів нарощування запасів ВВ є глибокий аналіз фактичних матеріалів і виявлення нетрадиційних об’єктів пошуку, чи розвідки ВВ.

На північному заході у Судово-Вишнянському блоці Зовнішньої зони товщина відкладів нижнього сармату не перевищує 800 м, на відміну від опущеного Крукеницького блоку з їх товщиною 1600 м. У блоці в межах України розробляється 15 родовищ газу у нижньому сарматі з початковим запасами 1-4 млрд м^3 і дебітами до 50 тис. м^3/д. На завершальній стадії розробки свердловини експлуатуються способом накопичення тиску газу. Основою для розміщення свердловин по території родовищ до цього часу служать сейсмічні карти.

За фактичними відмітками газоносних горизонтів НД-12-13 у свердловинах Орховицького і Добрянського родовищ їх будова (рис. 1) по формі розходиться з результатами сейсмічних досліджень (рис. 2). На Орховицькому родовищі пробурено 18 свердловин з відмітками покрівлі горизонтів НД-12-13 від – 1410 м до 1443 м, амплітуда всього 33 м, фактично тераса. На Добрянському родовищі – 8 свердловин з відмітками покрівлі від – 1268 м до 1326 м, амплітуда 58 м. Родовища розділяє тектонічний скид з амплітудами 70-150 м . Жодна із свердловин не розкрила синкліналі, які картуються сейсморозвідкою. У розрізах горизонтів за даними ГДС відсутні водонасичені прошарки.

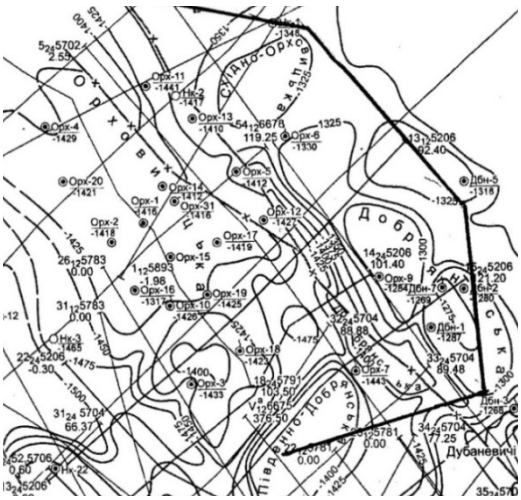


Рис. 1. Будова Орховицького і Добрянського родовищ

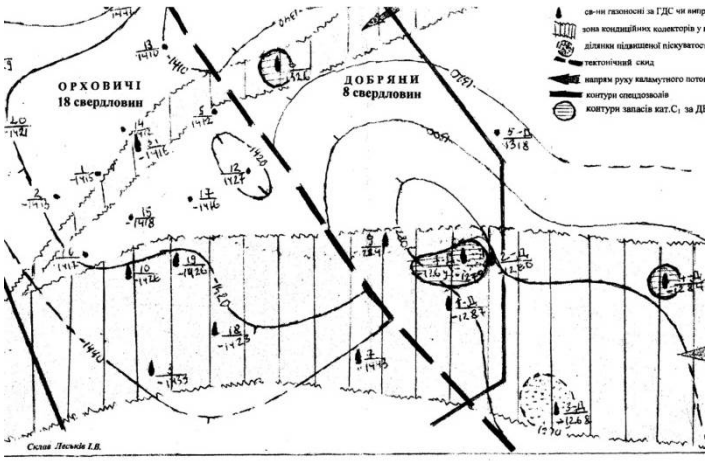


Рис. 2. Результати сейсмічних досліджень Орховицького і Добрянського родовищ

Газонасиченою у центральній частині ділянок є широтна смуга шириною 1,8-2 км каламутного потоку не консолідованих псамітів з покращеними ФЄВ у зонах посиленого відмиву, де утворилася літологічно обмежена пастка, що зумовило збереження покладу і отримання промислових припливів газу із свердловин. У північній частині ділянок проходить вузький, шириною 0,7км, каламутний потік, що розкритий тільки двома свердловинами і виклинюється у південно-захід-ному напрямку. Площа поширення псамітів у межах ліцензійної ділянки 15 км^2.

ДКЗ затверджені запаси газу тільки навколо продуктивних свердловин в межах сприятливих структурних форм по сейсмічних даних. Газоносність на решту території поширення псамітів на ділянках очікує дорозвідки.

На **Комарівському** родовищі газу (рис. 3), що південно-східніше від вище описаних, горизонт НД-11 єдиний продуктивний у нижньому сарматі у свердловинах №№ 6 і 9, а свердловини №№ 1 і 6Бр – без припливів газу. Структура по відмітках свердловин представляє куполовидну форму із заміщенням у склепінні колекторів глинами і відрізняється від сейсмічних побудов зі синкліналями, по яких ведуться розвідувальні роботи. Нарощування запасів газу на родовищі можливе за рахунок буріння розвідувальних свердловин на північному крилі підняття, яке досі необґрунтовано вважають безперспективним.

Рябухінське газове родовище розташоване на Зміївській моноклінялі північного борту ДДЗ у приштоковій зоні Рябухінського соляного штоку. Газовий поклад приурочений до горизонту А-3в слов'янської світи нижньої пермі. За даними УкрНДІгазу резервуар складений переважно карбонатними породами (доломітами, мергелями, ангідритами) та пісковиками і аргілітами. Проникними є тільки доломіти з ефективними товщинами 1-7,6 м, Кп = 9,9-10,1 % і Кг= 72-74 %. Промисловий приплив газу отриманий тільки зі свердловини 207 після ГРП з інтервалу 2727-2712 м з $h_{еф}$= 5,2 м. У решту свердловинах з горизонту А-3в отримані непромислові припливи газу.

Свердловиною № 13 Кленівська розкрита аномальна товщина горизонту А-3в, що можна пояснити тільки насувом, які у районі не відмічалися і сейсмічними дослідженнями не зафіксовані. Однак факти змушують переглянути концепції тектоніки, особливо приштокових зон. Варіант будови розрізу через свердловини 13-Кл – 209-Рб на рис. 4, на ньому показана літологія газоносного резервуару, з якого випливає, що промислові припливи газу можуть бути тільки з пластів доломітів товщинами понад 2 м. У пластах меншої товщини за рахунок діагенезу у зоні контактів доломітів з іншими породами проходить карбонатизація порового простору доломітів до втрати проникності і по краях пласта утворюються так звані "кірки" значної товщини.

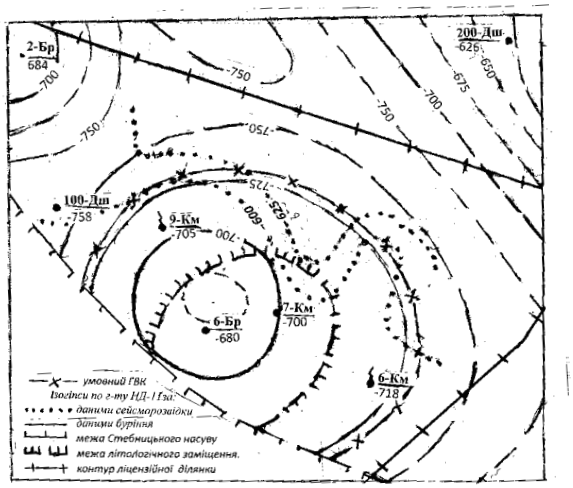


Рис. 3. Комарівське родовище газу

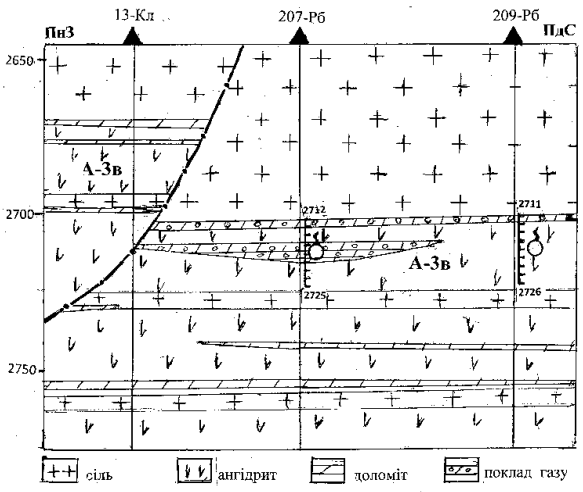


Рис. 4. Рябухінське газове родовище

УДК 550.8, 553.9

ВІДКРИТТЯ У 2023 БІЛЯ ОЛЕСЬКОЇ ДІЛЯНКИ УГОДИ ПРО РОЗПОДІЛ ПРОДУКЦІЇ САДЖАВСЬКОГО ГАЗОВОГО РОДОВИЩА ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ НОВОЇ ПАРАДИГМИ КАРТУВАННЯ КОМЕРЦІЙНИХ ПОКЛАДІВ ВУГЛЕВОДНІВ ПОСТАВИЛО КРАПКУ НА 40 РОКАХ НЕГАТИВНИХ ПОШУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ВІДКРИЛО ШЛЯХ ДО ШВИДКОГО І ЕКОНОМІЧНОГО ПОЧАТКУ ВИДОБУТКУ СЛАНЦЕВОГО ТА ТРАДИЦІЙНОГО ГАЗУ

Петровський О.П.*[1]*, *д. фіз.-мат. н., професор, bipeks@gmail.com;*
Петровська Т.О.*[1]*, *к. фіз.-мат. н., Tetyana.Fedchenko@gmail.com;*
Лебега О.В.*[1]*, *к..екон. н., o.lebega@ecointel.com.ua;*
Кухар Н.П.*[1]*, *invitations@nung.edu.ua;* ***Витвицький Я.С.*[1]*,*** *д. екон. н., 5947@tvnet.if.ua;*
Закревський А.А.*[2]*, *аспірант, andrey.zakrevskij@gmail.com,*
1 – ДЕПРОІЛ, Івано-Франківськ, Україна,
2 – Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава

У 2025 році ВАТ «Укрнафта» уклала угоду про розподіл продукції для пошуку та видобутку вуглеводнів на Олеській ділянці розподілу продукції. З огляду на стратегічну важливість нарощування видобутку, компанії необхідно оперативно розпочати видобуток газу сланцевих та традиційних покладів. Для зниження витрат та скорочення термінів на початковому етапі пропонується використання технології «Картування комерційних покладів вуглеводнів», яка вже довела ефективність на сусідній Саджавській площі. Технологія дозволяє суттєво підвищити успішність та прибутковість буріння свердловин. Для прискорення запуску видобутку пропонується створити постійнодіючу 3D модель комерційних покладів вуглеводнів, на основі існуючих історичних геологічних, сейсмічних, свердловинних, і гравіметричних даних. В майбутньому модель буде уточнюватися в результаті проведення геологорозвідувальних робіт та буріння нових свердловин і використовуватися для розташування нових комерційних свердловин. Одночасно із регіоналними дослідженнями на ділянках, де наявний достатній об'єм історичних сейсмічних даних, обґрунтовується можливість детальних геологорозвідувальні роботи із проведенням гравіметричних та магнітометричних польових спостережень на двох ділянках – Івано-Франківській, яка примикає до Саджавської ділянки, та Північно-Східній, яка знаходиться біля відкритого Великомостівського газового родовища.

THE DISCOVERY OF THE SAJAVA GAS FIELD IN 2023 NEAR THE OLESKA BLOCK OF PRODUCTION SHARING AGREEMENT USING A NEW PARADIGM FOR MAPPING COMMERCIAL HYDROCARBON DEPOSITS PUTS AN END TO 40 YEARS OF NEGATIVE EXPLORATION RESULTS AND OPENS THE WAY TO A RAPID AND ECONOMIC START OF SHALE AND CONVENTIONAL GAS PRODUCTION

Petrovskyy O.*[1]*, *Dr. Sci.(Phys.-Math.), professor, bipeks@gmail.com;*
Petrovska T.*[1]*, *Cand. Sci. (Phys.-Math.), Tetyana.Fedchenko@gmail.com;*
Lebega O.*[1]*, *Cand. Sci. (Econ.), o.lebega@ecointel.com.ua;*
Kuhar N.*[1]*, *invitations@nung.edu.ua;* ***Vytvytskyy Ya.*[1]*,*** *Dr. Sci.(Econ.), 5947@tvnet.if.ua;*
Zakrevskyi A.*[2]*, *postgraduate, andrey.zakrevskij@gmail.com,*
1– DEPROIL, Ivano-Frankivsk, Ukraine,
2 – Yurii Kondratyuk Poltava Polytechnic National University, Poltava

In 2025, Ukrnafta OJSC entered into a production sharing agreement for the exploration and production of hydrocarbons at the Oleska Production Sharing Area. Given the strategic importance of increasing hydrocarbon production for Ukraine, the company needs to commence shale and conventional gas production promptly. To reduce costs and shorten the time frame at the initial stage, it is proposed to use the "Mapping of Commercial Hydrocarbon Deposits" technology, which has already proven its effectiveness in the neighboring Sadzhavska area. The technology allows for a significant increase in the commercial success and profitability of well drilling. To accelerate the start of production, it is proposed to create a permanent 3D model of commercial hydrocarbon deposits based on existing historical geological, seismic, well, and gravimetric data. In the future, the model will be used to locate new exploration, appraisal, and development wells and will be refined through geophysical exploration and drilling of new wells. Simultaneously with regional studies in areas where there is a sufficient amount of historical seismic data, the

possibility of detailed geological exploration work with gravimetric and magnetometric field observations in two places is being substantiated - Ivano-Frankivsk, which is adjacent to the Sadzhavska area, and North-Eastern, which is located near the open Velykomostivka gas field.

З огляду на суспільну й політичну важливість нарощування видобутку нафти й газу для України, першочерговим завданням є оперативний запуск розробки сланцевих і традиційних покладів на Олеській ділянці УРП.

Олеська ділянка УРП має площу 6322 км^2 (рис. 1). Основні перспективи газоносності ділянки відносяться до традиційних колекторів палеозою та мезозою Східно-Європейської платформи, а також мезозою і неогену Більче-Волицької зони Передкарпаття. Окремим об'єктом перспектив є нетрадиційні поклади газу силурійських сланцевих порід.

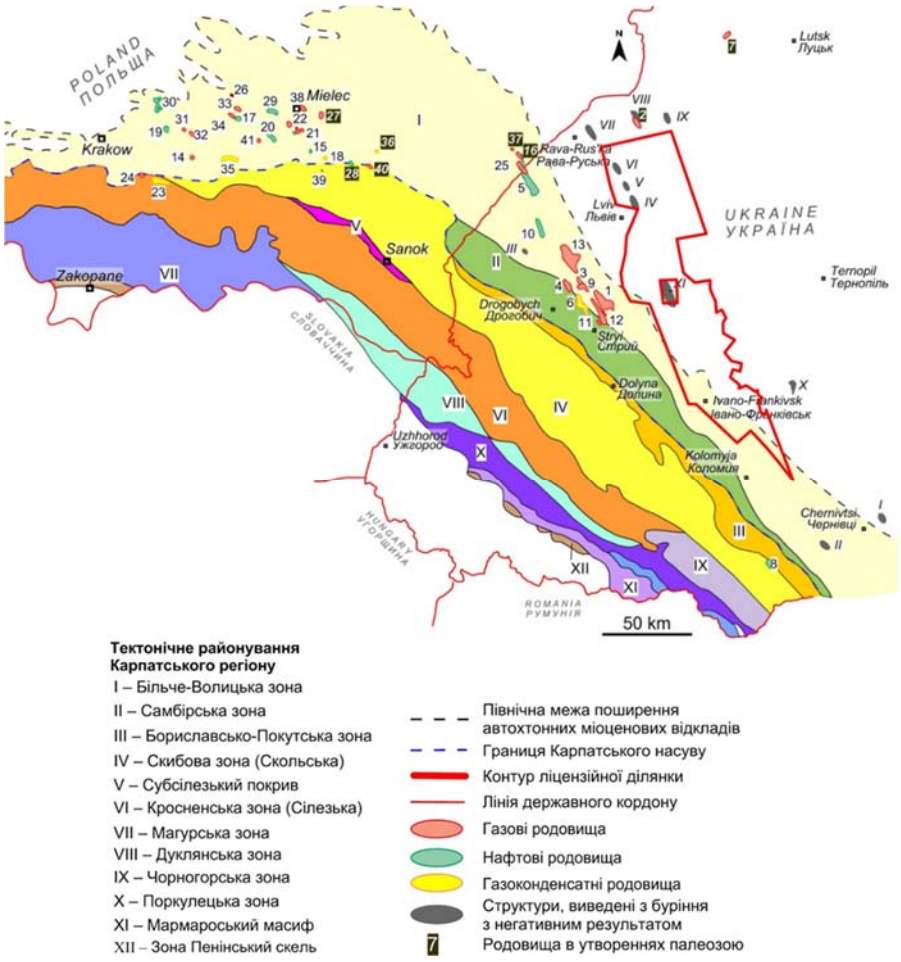


Рис. 1. Олеська ділянка розподілу продукції на тектонічній схемі геологічної будови Карпатського регіону із відкритими нафтовими і газовими родовищами та десять ділянок виведених із буріння із негативними результатами

Газоперспективність ділянки обґрунтовується відкриттями:

1. У відкладах девону в межах Східно-Європейської платформи Локачинського та Великомостівського газових родовищ.

2. У відкладах кембрію газового родовища Цетиня на території Польщі біля кордону з Україною та незначним припливом нафти із свердловини 1-Коханівська.

3. У відкладах мезозою та кайнозою одинадцятьома родовищами: – Більче-Волицьке, Рудківське, Тейсарівське, Богородчанське та Коломийське газові, Летнянське газоконденсатне, Коханівське та Лопушнянське нафтові, та найближчого до Олеської ділянки УРП Саджавського газового родовища Угнівської ділянки УРП.

Незважаючи на значні перспективи нафтогазоносності найбільшим ризиком для відкриття нових родовищ в межах Олеської ділянки УРП є те, що на протязі останніх 40 років геологорозвідувальних робіт в межах, як самої ділянки, так і навколо неї не було пробурено жодної продуктивної свердловини та відкрито жодного нового родовища. За

результатами 2D сейсморозвідувальних робіт було підготовлено десять перспективних структур, які в подальшому були виведені із буріння із негативними результатами: чотири безпосередньо в межах Олеської ділянки УРП, та шість – біля ділянки.

Це вказує на те, що основний ризик, який стримує відкриття нових родовищ вуглеводнів, полягає у невідповідності традиційного підходу (парадигми) підготовки об'єктів для пошукового буріння, яка базується на принципах пошуків традиційних покладів вуглеводнів, розташованих у антиклінальних пастках, фактичним морфологічним типам та просторовому розміщенню комерційних покладів вуглеводнів, в тому числі у силурійських сланцях.

Для виходу із кризи пропонується розширити комплекс геолого-геофізичних досліджень за рахунок включення додаткових геофізичних методів гравірозвідки та магніторозвідки та перейти до використання нової парадигми картування неструктурних комерційних покладів вуглеводнів стратиграфічного та діагенетичного типу.

Можливості такого картування підтверджені результатами робіт 2022 року, коли при проведенні комплексу 3D сейсмічних, гравіметричних і магнітометричних геофізичних досліджень в межах Саджавської площі Угнівської ділянки УРП, яка розташована на відстані 6800 м на захід від Олеської ділянки УРП та представлена аналогічним геологічним розрізом та перспективними горизонтами, у відкладах неогену, мезозою та палезою були закартовані комерційні поклади газу (рис. 2). Результати буріння п'яти пошукових свердловин на відклади неогену у 2022-2024 роках підтвердили відкриття у 2022 році неогенових комерційних покладів Саджавського газового родовища. При цьому три свердловини, які були пробурені в межах закартованих комерційних покладів неогену, отримали комерційний приплив газу, в тому числі найбільший із всіх пробурених. Із двох свердловин, пробурених за межами комерційних покладів, одна виявилась «сухою», а одна – із комерційним припливом (рис. 3).

Крім комерційних покладів газу в неогені, були закартовані поклади газу у мезозої та палеозої. В силурійських сланцях (рис. 4) була закартована локалізована зона пониження густини порід, яка пов'язана із збільшенням концентрації органічної речовини та пористості, та представляє собою гідродинамічно замкнений нетрадиційний комерційний поклад газу, для якого на основі розроблених петрофізичних та промислових статистичних моделей для нетрадиційних покладів у сланцевих породах та щільних колекторах [Петровський О.П. 2017, Витвицький Я.С. 2017] були оцінені потенційні запаси газу у 8,7 млрд м^3. Визначено оптимальне місце для розташування першої пошукової свердловини, для якої оцінені дреновані запаси у 0,9 млрд м^3 газу та величина початкового дебіту у 14-18 тис. м^3 газу на добу. Крім неогенових і силурійських покладів, в межах площі закартовані комерційні поклади у відкладах крейди із запасами газу у 0,7 млрд м^3, юри – 1,1 млрд м^3 та кембрію – 3,2 млрд м^3 (рис. 5). Крім неогенових інші закартовані поклади ще не розкриті бурінням.

Іншим важливим результатом комерційної ефективності застосування нової парадигми картування неструктурних пасток вуглеводів є результати буріння у 2024 році комерційної пошукової свердловини в межах неструктурного комерційного покладу, закартованого у 2023 році у відкладах крейди Більче-Волицької зони. На цій площі вперше були оцінені всі параметри комерційних покладів, включаючи пористість, насичення, щільність запасів, дреновані запаси та початковий дебіт.

Для покладу в крейді, який був розкритий свердловиною, пробуреною на відстані 1734 м від найближчої комерційної свердловини із апріорним ризиком 50%, були спрогнозовані середня пористість – 19.3%, середнє газонасичення – 69.1% та початковий дебіт – 24 тис. м^3 газу/добу.

В результаті проведених геофізичних досліджень в свердловині виміряна пористість змінювалась в діапазоні 19.8-23.3% (похибка прогнозу – 10%), газонасичення 70-79% (похибка прогнозу – 9%), а оптимальним для розробки був обраний дебіт 25 тис. м. куб. газу за добу (похибка прогнозу – 1%).

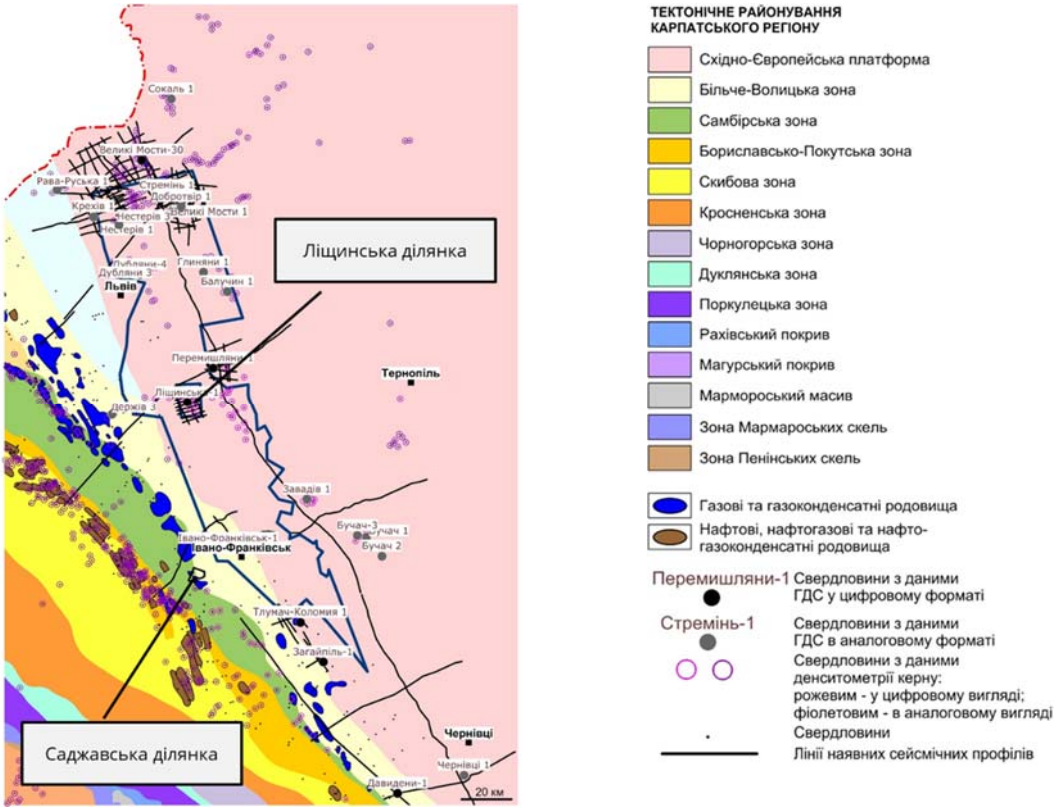


Рис. 2. Вивченість Олеської ділянки УРП сейсморозвідкою і бурінням та положення Саджавської та Ліщинської площ

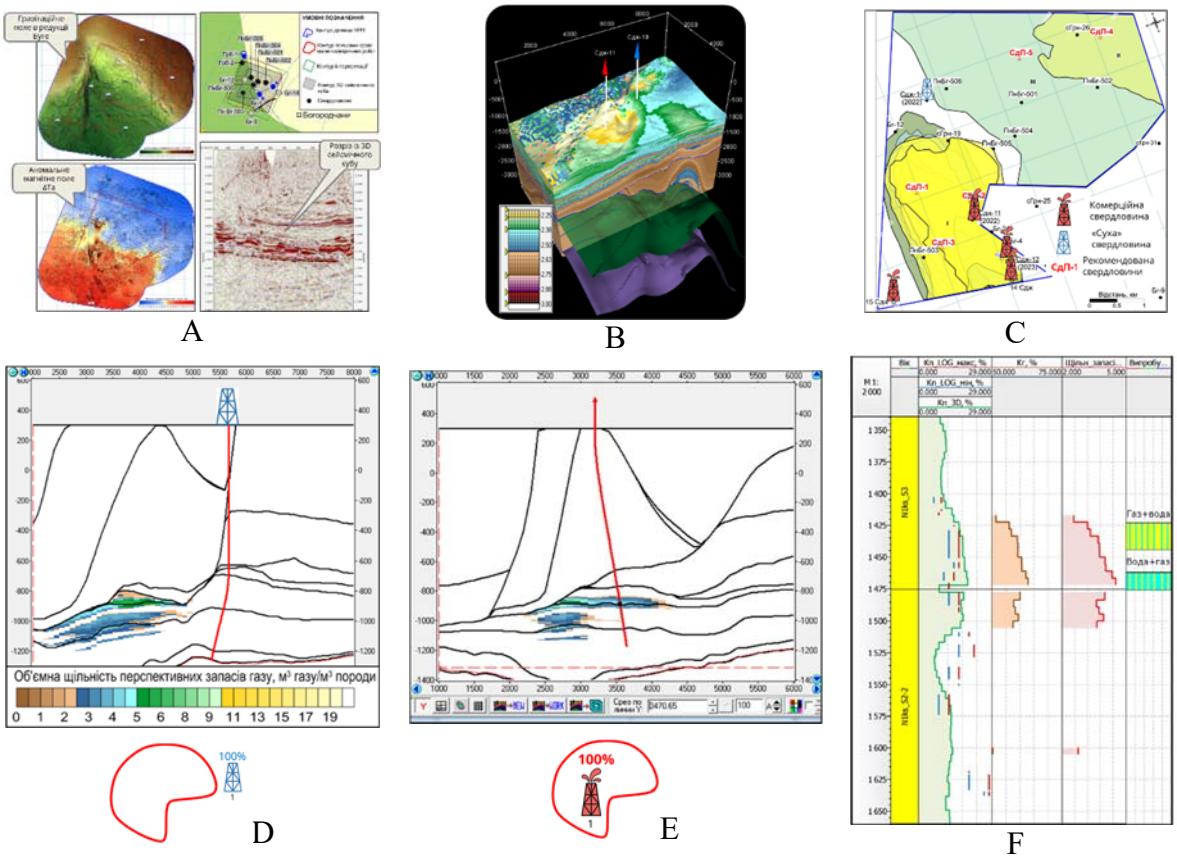


Рис. 3. Геофізичні дослідження A, геологічно-змістовна 3D модель густини породи B, положення пробурених свердловин (червоні продуктивні, голубі сухі) C, розріз 3D моделі щільності запасів вуглеводнів через суху D і продуктивну свердловину E та параметри пористості і щільності запасів в продуктивній свердловині F

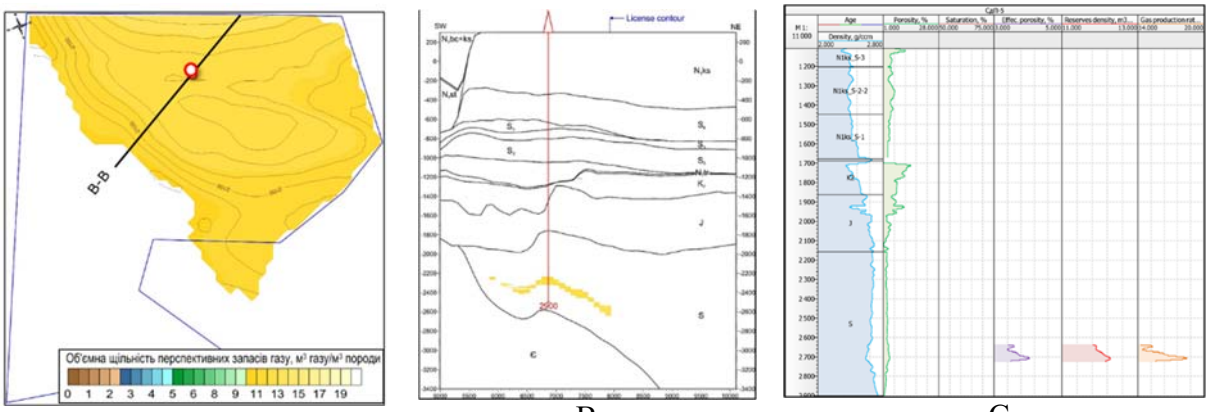


Рис. 4. Закартований комерційний поклад в кембрії на зрізі по напластуванню А, на розрізі В і в розрізі запропонованої свердловини (густина, Кп, Кнг, Кп еф, щільність запасів, початковий дебіт) С

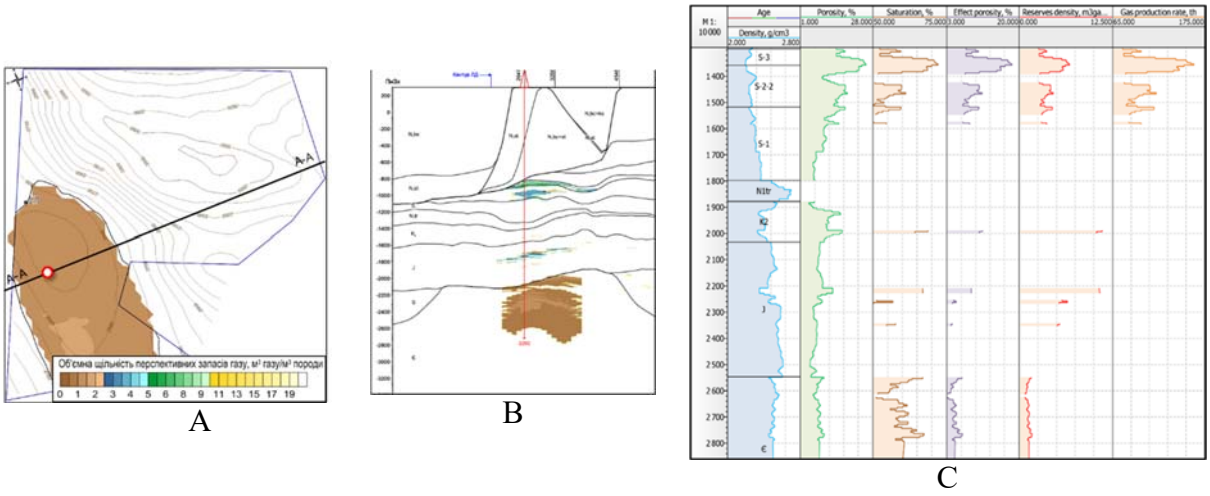


Рис. 5. Закартований комерційний поклад в кембрії на зрізі по напластуванню А, на розрізі В і в розрізі запропонованої свердловини (густина, Кп, Кнг, Кп еф, щільність запасів, початковий дебіт) С.

Для якнайшвидшого і найекономічнішого початку видобутку газу на території Олеської ділянки УРП пропонується створити постійнодіючу модель комерційних покладів, яка буде включати 3D структурну модель, геологічно-змістовну 3D модель густини породи, 3D моделі комерційних покладів: щільності запасів вуглеводнів, дренованих запасів та початкового дебіту нових свердловин, – а також інші моделі, необхідні для розрахунку параметрів комерційних покладів вуглеводнів: тиску, температури, хімічного складу вуглеводнів, густини пластової води, пористості, насичення, проникності, які на початку будуть відповідати наявним історичним геолого-геофізичним даним, а в подальшому уточнюватися в результаті проведення геологорозвідувальних робіт та буріння нових свердловин та використовуватися для оптимального розташування нових комерційних пошуково-видобувних, розвідувально-видобувних та видобувних свердловин.

Для визначення та подальшого уточнення параметрів постійнодіючої моделі пропонується провести дослідження по двох напрямках (рис. 6):

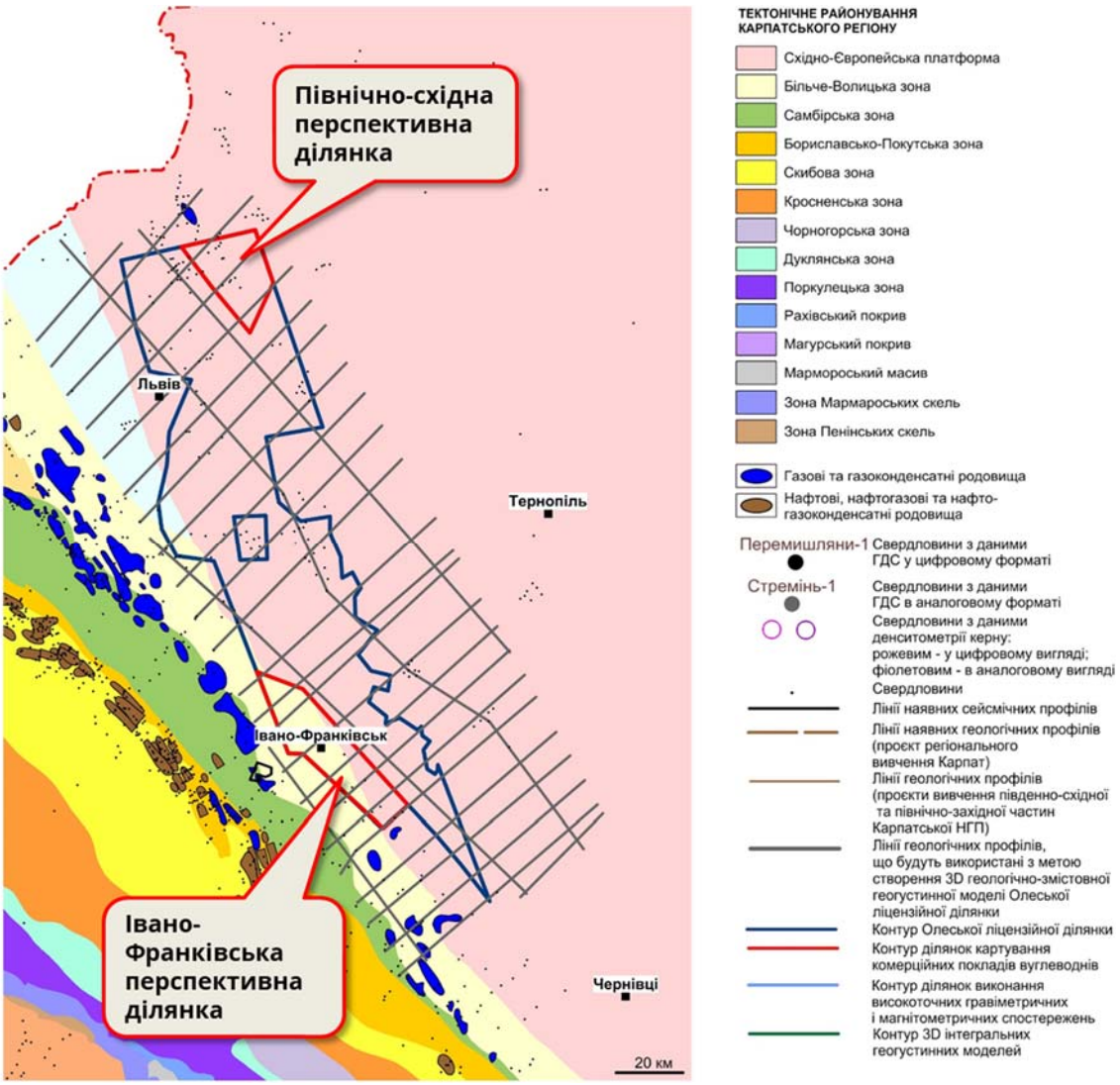


Рис. 6. Положення регіональних геологічних профілів в межах Олеської ділянки УРП та ділянки для детальних пошукових робіт

1. Напрямок 1 – регіональні геолого-геофізичні дослідження в межах всієї ділянки, які будуть складатися із трьох етапів:

1.1. Етап 1. Визначення оптимального положення нових пошуково-параметричних свердловин та напрямків регіональних сейсмічних профілів на основі картування регіонального розповсюдження вертикальних зон концентрації неструктурних діагенетичних комерційних покладів вуглеводнів як регіональних локалізованих зон пониження густини різновікових перспективних відкладів палеозою, мезозою та неогену за результатами створення геологічно-змістовної 3D моделі густини породи на основі розв'язку активної оберненої задачі кількісної комплексної інтерпретації історичних гравіметричних, магнітометричних, свердловинних, сейсмічних та геологічних даних. Площа геологічного інтересу 6 322 км^2. Оптимальна апертура досліджень 4 км відповідає середній товщині осадового комплексу порід. Площа 3D моделі 16 852 км^2. Максимальний термін виконання робіт – 12-18 місяців.

1.2. Етап 2. Картування неструктурних діагенетичних комерційних покладів вуглеводнів, загальних і дренованих запасів та початкових дебітів проєктних свердловин довколо пробурених комерційних пошуково-параметричних свердловин. Площа геологічного інтересу 6х6 км = 36 км^2. Площа польових 3D гравіметричних, магнітометричних та сейсмічних спостережень 180 км^2. Площа 3D моделі 196 км^2. Максимальний термін виконання робіт – 8 місяців, в тому числі польових досліджень – 3 місяці.

1.3. Етап 3. Картування неструктурних діагенетичних комерційних покладів вуглеводнів, загальних і дренованих запасів та початкових дебітів проєктних свердловин між пробуреними комерційними пошуково-параметричними свердловинами вздовж намічених ліній регіональних сейсмічних профілів. Середня довжина профіля – 30 км. Ширина полоси 3D побудов – 3 км. Площа геологічного інтересу – 90 км^2. Площа польових 3D гравіметричних, магнітометричних та сейсмічних 3D спостережень – 400 км^2. Площа 3D моделі – 418 км^2. Максимальний термін виконання робіт – 12 місяців, в тому числі польових досліджень – 5 місяців.

2. Напрямок 2 – детальні роботи в межах окремих ділянок, де наявні достатні історичні сейсмічні та свердловинні дані.

2.1. Ділянка 1. Картування комерційних покладів вуглеводнів, загальних і дренованих запасів та початкових дебітів проєктних свердловин в межах Івано-Франківської пошукової площі Олеської ділянки УРП. Площа геологічного інтересу – 620 км^2. Глибина впевнених геологічних побудов – 4 000 м. Площа польових 3D гравіметричних та магнітометричних спостережень – 1 140 км^2. Площа 3D моделі – 1 980 км^2. Максимальний термін виконання робіт – 14 місяців, в тому числі польових досліджень – 7 місяців.

2.2. Ділянка 2. Картування комерційних покладів вуглеводнів, загальних і дренованих запасів та початкових дебітів проєктних свердловин в межах Північно-східної пошукової площі Олеської ділянки УРП. Площа геологічного інтересу – 414 км^2. Глибина впевнених геологічних побудов – 4 000 м. Площа польових 3D гравіметричних та магнітометричних спостережень – 810 км^2. Площа 3D моделі – 1 152 км^2. Максимальний термін виконання робіт – 12 місяців, в тому числі польових досліджень – 5 місяців.

Висновки. Реалізація наведених заходів забезпечить можливість вже у 2027 році розпочати одночасно пошуково-експлуатаційне буріння на Олеській ділянці УРП та розвідувально-експлуатаційне на Івано-Франківській та Північно-Східній ділянках.

Список використаних джерел:

1. Петровський О. П., Витвицький Я. С., Дригант Д. М., Федченко Т. О., Кухар Н.П., Лебега О.В., Бодлак П.М., Булмасов О.В. // Силурійські сланцеві відклади західного закінчення Східно-Європейської платформи як об’єкт пошуку нетрадиційних резервуарів вуглеводнів. Нафтогазова галузь України. - Київ, 2017. - № 2. – С.8-16.

2. Витвицький Я. С., Петровський О. П., Лебега О. В., Кухар Н. П. // Оцінювання перспектив видобування природного газу із сланцевих порід. Нафтогазова галузь України. – Київ, 2017. - № 4. – С. 3-7

УДК 553.4:628.54:552.5(477.82)

АСОЦІАЦІЯ ВЕРМИКУЛІТУ І МОНТМОРИЛОНІТУ У МИГДАЛИНАХ БАЗАЛЬТІВ ТРАПОВОЇ ФОРМАЦІЇ ЗАХІДНОЇ ВОЛИНІ ТА ЇХ ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ (СВЕРДЛОВИНА 4510, ЯКУШІВСЬКА ТОВЩА)

Бацевич Н.В., *к. геол. н. (доктор філософії), natalja_bats@ukr.net;*
Яремчук Я.В., *к. геол. н., slava.yaremchuk@gmail.com;*
Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна

Проведено петрографічні вивчення тонких шліфів мигдалоїдного базальту свердловини 4510 (глибина 239,5 м) трапової формації Західної Волині та мінералогічні дослідження агрегатів виповнення мигдалини. За використання Х-променевого дифрактометричного (XRD), енергодисперсійного мікрорентгеноспектрального (EDX) та електронно-мікроскопічного (SEM) аналізів досліджено асоціацію низькозарядного вермикуліту та залізистого монтморилоніту в мигдалинах базальтів із встановленням послідовної зональності: внутрішня частина представлена монтморилонітом, зовнішня – вермикулітом. Проаналізовано морфологію, структурні та мінералогічні особливості асоціації цих споріднених мінералів, встановлено генезис і стадії формування. Окреслено перспективи використання у зв'язку з їхньою сорбційною здатністю, екологічним потенціалом та можливостями промислового застосування.

ASSOCIATION OF VERMICULITE AND MONTMORILONITE IN BASALT TONGLIES OF THE WESTERN VOLYN TRAPPEAN FORMATION AND THEIR PRACTICAL SIGNIFICANCE (WELL 4510, YAKUSHIV THICKNESS)

Batsevych N., *Cand. Sc. (Geol.) (Ph.D), natalja_bats@ukr.net;*
Yaremchuk Ya., *Cand. Sc. (Geol.), slava.yaremchuk@gmail.com;*
Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of the NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine

Petrographic studies of thin sections of amygdaloidal basalt from well 4510 (depth 239.5 m) of the Western Volyn trappean formation and mineralogical studies of filling aggregates were carried out. Using X-ray diffractometric (XRD), energy-dispersive micro-X-ray spectroscopy (EDX), and scanning electron microscopy (SEM) analyses, the association of low-charge vermiculite and ferruginous montmorillonite in basalt tonsils was investigated, establishing consistent zoning: the inner part is represented by montmorillonite, the outer part by vermiculite. The morphology, structural and mineralogical features of the association of these related minerals have been analyzed, the genesis and stages of formation have been established. The prospects for use in connection with their sorption capacity, environmental potential and possibilities of industrial application have been outlined.

Вступ. Дослідження трапової формації Західної Волині в умовах воєнних дій в Україні є вкрай важливими, оскільки трапові комплекси є перспективними на виявлення такої критично важливої сировини, як мідь та супутні метали, що відображено у наших попередніх дослідженнях [5, 6, та ін.], а також сапонітових і цеоліт-смектитових туфів [1]. Глинисті мінерали вермикуліт і монтморилоніт є важливими компонентами вторинних мінеральних утворень у вулканічних породах. Їх присутність у мигдалинах базальтів трапової формації Західної Волині вказує на активні постмагматичні процеси і має не лише наукове, а й прикладне значення. Об'єктом дослідження стали природні утворення сформовані внаслідок гідротермальної і метеоричної альтерації базальтів.

Мета роботи – встановлення складу мигдалин базальтів трапової формації Західної Волині, визначення генезису та проведення аналізу практичного потенціалу цієї асоціації.

Геологічний нарис району досліджень. Осадово-вулканогенна товща волинської серії нижнього венду об'єднує чотири світи (знизу догори): горбашівську – базальну грубоуламково-теригенну (до 50 м), заболотівську, бабинську і ратнівську – винятково вулканогенні (сумарна потужність – понад 450 м) [4]. Ратнівська світа складається із лучичівської світи – (кілька (до 4-х) покривів толеїтових базальтів, розшарованих пачками лавокластичних брекчій) та зорянської (вулканоміктові теригенні породи: пісковики, алевроліти, туфіти) і якушівської (численні потоки (до 7-ми) базальтів з шлейфами лавокластичних брекчій, місцями між ними залягають агломератові псефітові туфи,

у верхній частині розрізу наявна верства туфоконгломератів) товщ. Лучичівська світа (толеїтові базальти) разом із зорянською (туфи, туфіти) і якушівською (базальти із прошарками туфів, туфоконгломератів) товщами складають вулканогенну ратнівську світу волинської серії нижнього едіакарію (венду) [4], яку відносять до трапової формації платформових ефузивних, пірокластичних та інтрузивних фацій, похідних від слабкодиференційованої базальтової магми [2].

Матеріал та методи дослідження. Матеріалом для дослідження слугували мигдалини туфоконгломератів якушівських верств ратнівської світи трапової формації Волині (св. 4510, глибина 239,5 м). У роботі поєднано петрографічні вивчення тонких шліфів та мінералогічні дослідження виповнення базальтів. Використано Х-променевий дифрактометричний (XRD), енергодисперсійний мікрорентгеноспектральний (EDX) та електронно-мікроскопічний (SEM) методи дослідження. XRD аналіз проведений на дифрактометрі АДП-2.0 (Fe, K_α-випромінювання, Mn-фільтр; U = 30 кВ, I = 15 мА) із використанням методики дослідження глинистих мінералів, що полягає у приготування орієнованих препаратів із послідовним насиченням органічними сполуками (етиленгліколем і гліцерином) і прожарюванні (550 °С впродовж 1 години) [7]. Електронно-мікроскопічні дослідження (SEM) проведено з використанням сканувального електронного мікроскопа Zeiss EVO-40XVP з прискорювальною напругою в діапазоні 15-30 кВ та збільшенням до 10 000 разів. Хімічний елементний склад визначено енергодисперсійним мікрорентгеноспектральним (мікрозондовим) аналізом (EDX) із використанням приладу INCA Energy 350, що інтегрований в систему сканувального електронного мікроскопа Zeiss EVO-40XVP.

Результати досліджень. Базальт переважно темно-сірий до сірувато-зеленого кольору, структура щільна, текстура мигдалоїдна. За даними *петрографічного вивчення* мигдалини мають сферичну або овальну форму, діаметром від 1 до 10 мм (рис. 1). Морфологія та структура мигдалин: вони повністю або частково заповнені шаруватими агрегатами. Встановлено послідовну зональність: внутрішня частина мигдалини представлена пухкими агрегатами, а зовнішня – більш щільними.

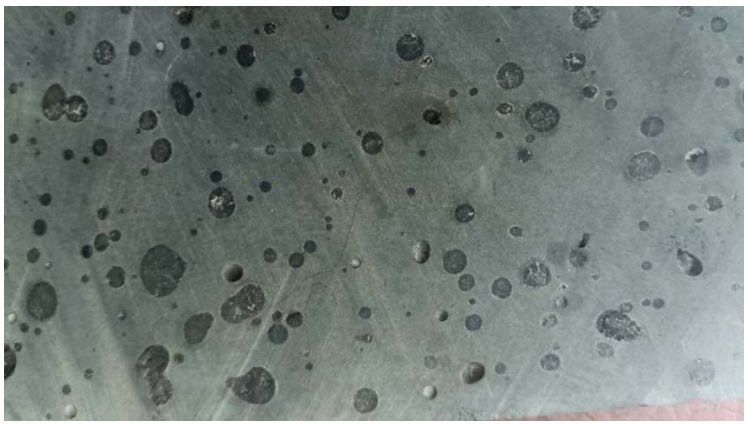


Рис. 1. Макроскопічний вигляд мигдалоїдного базальту (Свердловина 4510, якушівська товща, глибина відбору проби 239,5 м). Довжина керну 6 см

За даними XRD дослідження шаруваті агрегати представлені монтморилонітом та вермикулітом. Вермикуліт в асоціації підтверджено через різний вплив на його структуру молекул етиленгліколю і гліцерину (рис. 2*в*). Шарувата структура монтморилоніту і низькозарядного вермикуліту, повітряно-сухий стан яких характеризує рефлекс 1,51 нм, при насиченні етиленгліколем розширюється до 1,68 нм, а при насиченні гліцерином набухає лише структура монтморилоніту (до 1,78 нм). Дублет ліній 1,78 і 1,51 нм в малокутовій області (6-8 °2θ) після дії гліцерину характеризує присутність асоціації обох мінеральних форм (див. рис. 2*в*) [7]. Двохфазність шаруватого агрегату заповнення мигдалин підтверджується двома морфологічними різновидами на світлині SEM аналізу. Чіткі псевдогексагональні форми із помітною товщиною відповідають

вермикуліту, а тонкі листки із слідами завихрень – монтморилоніту (рис. 3*а*). Монтморилоніт утворює пухкі маси здатні до набрякання, має високий вміст у міжшаровому просторі Ca^{+2}, що втричі перевищує Na^{+} (рис. 3*б*). Вермикуліт, структура якого є більш щільною, орієнтований паралельно стінкам мигдалин. Магній, значний вміст якого підтверджено даними мікрозондового аналізу, локалізований у міжшаровому просторі вермикуліту та заповнює пустоти його октаедричної сітки (див. рис. 3*б*). Понижений (як для структур глинистих мінералів) вміст Алюмінію та високий – Заліза вказує на часткове розташування останнього як у тетраедричній (Fe^{+3}), так і в октаедричній (Fe^{+2}) сітках пакетів монтморилоніту, що створює нескомпенсований негативний заряд базальних поверхонь.

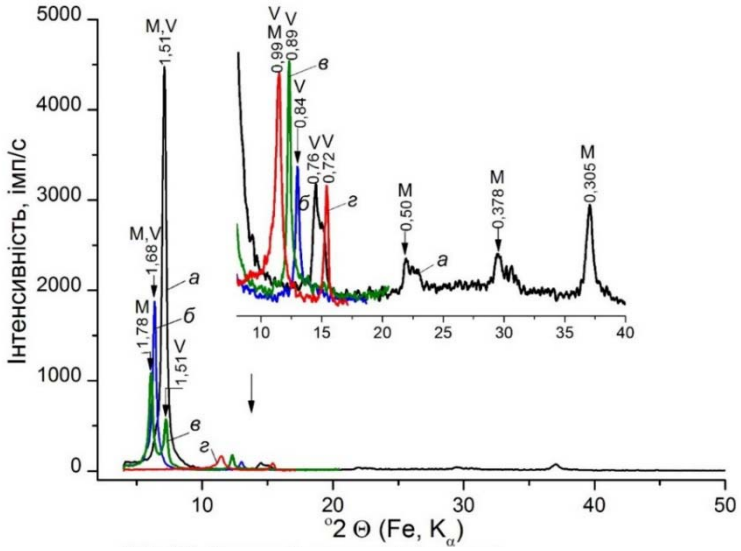
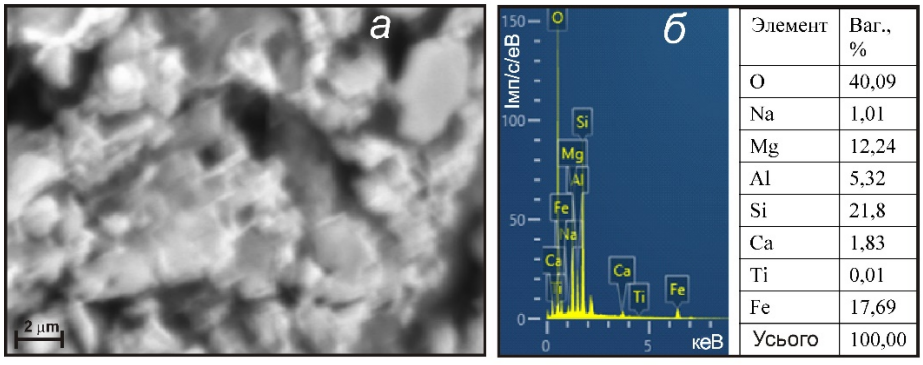


Рис. 2. XRD дослідження виповнення мигдалини:
рефлекс 1,68 нм (крива *б*) характеризує присутність монтморилоніту та/чи низькозарядного вермикуліту; рефлекс 1,78 нм (крива *в*) – монтморилоніту; рефлекси 1,51 нм (крива *в*) і 0,72 нм (крива *г*) підтверджують вермикуліт. Орієнтовані препарати: *а* – повітряно-сухий, *б* – насичений етиленгліколем; *в* – насичений гліцерином; *г* –відпалений за температури 550 °С 1 год; позначення: М – монтморилоніт, V – вермикуліт.



Элемент	Вас., %
O	40,09
Na	1,01
Mg	12,24
Al	5,32
Si	21,8
Ca	1,83
Ti	0,01
Fe	17,69
Усього	100,00

Рис. 3. Електронно-мікроскопічний (*а*) та енергодисперсійний мікрорентгеноспектральний (*б*) аналізи агрегату виповнення мигдалини

Загальна схема переходу монтморилоніту у вермикуліт [3]:

(Na, Ca)0,33 (Al, Mg, Fe)2 * Si4O10(OH)2 *nH2O→(Mg, Fe, Al)3(Al,Si)4O10(OH)2 * 4H2O

У дослідженому нами монтморилоніті міжшаровий простір заповнений гідратованими обмінними іонами Ca^{+2}, Na^{+}. У процесі трансформації частина Al^{+3} у тетраедрах заміщувалась як Магнієм (Mg^{+2}) так і Залізом (Fe^{+3}), а Na^{+}/Ca^{+2} – на Mg^{+2}. При цьому тривали послідовні зміни: втрата частини міжшарової води, зменшення

здатності до набухання через посилення іонного зв'язку, часткове формування у міжшаровому просторі сітки по бруситовому мотиву ($Mg(OH)_2$); які призвели до формування більш стійкої шаруватої структури – вермикуліту.

Перетворення одних глинистих мінералів в інші відбуваються повільно при зміні умов вміщуючого середовища, в результаті чого трапляється матеріал різних стадій процесу перетворення і, відповідно, з різним співвідношенням первинних та кінцевих продуктів. Відтак, коли перевідкладається і переноситься матеріал, глинисті мінерали додатково перемішуються, а мінеральний склад змінюється [3].

Натомість монтморилоніт, що не трансформувався, із-за високого вмісту заліза є близький до нонтроніту. В послідовній зональності виповнення мигдалин вермикуліт орієнтований паралельно стінкам, а пухкі агрегати монтморилоніту локалізовані у внутрішній частині.

Генезис: мінерали сформувалися в умовах зниження температури та циркуляції гідротермальних і метеорних вод. Вермикуліт вважається продуктом подальшої трансформації монтморилоніту в умовах зміненої pH-реакції середовища та іонного складу розчинів.

Практичне значення: 1. Сорбційні властивості: монтморилоніт і вермикуліт здатні до високого іонного обміну, що робить їх ефективними у водоочисних технологіях (видалення важких металів, радіонуклідів, амонію). Природна асоціація забезпечує ширший спектр дії, ніж окремі мінерали. 2. Екологічне застосування: Перспективне використання для рекультивації забруднених ґрунтів та промислових територій. Можуть слугувати як основа для створення екофільтрів у сільському господарстві (водоочисні фільтри, підстилки для тварин). 3. Будівельна та промислова сировина: вермикуліт можна використовувати як теплоізоляційний матеріал (у спученому вигляді). Обидва мінерали придатні для виготовлення глиноземовмісних композицій, зокрема у виробництві цементу, кераміки, поглиначів.

Наукова новизна: вперше встановлено природну асоціацію монтморилоніту і вермикуліту у мигдалинах базальтів трапової формації Західної Волині з акцентом на практичне застосування.

Висновки. У базальтах трапової формації Західної Волині виявлено стійку асоціацію вермикуліту і монтморилоніту, що сформувалась у результаті гідротермальної і метеорної зміни. Зональність мигдалин вказує на послідовну мінералізацію в умовах змінного середовища. Ці мінерали мають значний прикладний потенціал: як природні сорбенти, рекультиваційні та ізоляційні матеріали. Подальші дослідження можуть сприяти розвитку місцевих ресурсів мінеральної сировини з високою доданою вартістю.

В комплексі трапові комплекси західної Волині за нашими дослідженнями перспективні на такі корисні копалини, як мідь і супутні метали [5, 6], сапонітові і цеоліт – смектитові туфи [1], вермикуліт і монтморилоніт та ін.

Список використаних джерел:

1. Бацевич Н.В., Наумко І.М., Федоришин Ю.І. Туфи бабинської світи трапової формації Західної Волині: мінералогія, петрографія, петрохімія, генетичне і прикладне значення // Геологічний журнал. 2024, № 2 (387), С. 18–34, https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.2.296417

2. Воловник Б. Я. Трапповая формация Волыно-Подолии / Воловник Б. Я. // Тектоника и стратиграфия. – Киев : Наук. думка, 1975, Вып. 8, С. 28–33.

3. Літологічні методи досліджень. Частина 3 (глинисті породи): навчально-методичний посібник до лабораторних занять і самостійної роботи для студентів спеціальності 103 – Науки про Землю та інших природничих спеціальностей / укл.: О. В. Костюк, І. В. Побережська – Львів: Львівський національний університет імені Івана Франка, 2023, 104 с.

4. Мельничук В. Г. Геологія та міденосність нижньовендських трапових комплексів південно-західної частини Східноєвропейської платформи: Автореф. дис. ... д-ра геол. наук. Київ, 2010, 36 с.

5. Наумко І.М., Бацевич Н.В., Федоришин Ю.І., Гвоздевич О. В. Патент корисну модель України: Спосіб прогнозування збагачених горизонтів металоносних родовищ // UA 157865. Номер заявки u202402826, Дата подання заявки 27.05.2024, опубл. 04.12.2024, Бюл. № 49, https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1831397/ Діючий

6. Нестерович Н. В. Геохімія флюїдів середовища формування міденосних параґенезів у вулканітах трапової формації зони зчленування Волинського палеозойського підняття і Волино-Подільської моноклінали: Автореф. дис. … канд. геол. наук. Львів, 2014, 20 с.

7. Moore, D.M., Reynolds, R. C. X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals. Oxford; New York: Oxford University Press, 1997, 378 p.

УДК 553.495+551.1(477)

ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЕЛЬЄФУ ТА БУДОВИ ПРОДУКТИВНОГО ПЛАСТА ТРОСТЯНИЦЬКОГО РОДОВИЩА

Мережко М.Д., *аспірант, geoinsgeo@gmail.com,*
Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна

У роботі досліджено морфологію та будову продуктивного пласта Тростинецького ільменіт-цирконового родовища з використанням методів геоінформаційного моделювання. Побудовані карти ізогіпс рельєфу, покрівлі та підошви пласта дали змогу відтворити просторові закономірності його формування та уточнити геолого-промислові особливості. Виявлено залежність конфігурації покрівлі та підошви від поєднання сучасного рельєфу й давніх палеогеоморфологічних структур. Практичне значення дослідження полягає у використанні цифрових моделей для оптимізації гірничих робіт, а в подальшому дасть змогу провести оцінку інвестиційної привабливості.

GEOINFORMATION MODELING OF RELIEF AND STRUCTURE OF THE PRODUCTIVE LAYER OF THE TROSTYANETS DEPOSIT

Merezhko M., *PhD Student, geoinsgeo@gmail.com,*
Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The study investigates the morphology and structure of the productive layer of the Trostyanets ilmenite-zircon deposit using geoinformation modeling methods. Constructed contour maps of the relief, roof, and bottom of the layer made it possible to reconstruct the spatial patterns of its formation and refine its geological and industrial characteristics. The dependence of the roof and bottom configuration on the combination of modern relief and ancient paleogeomorphic structures was revealed. The practical significance of the study lies in the application of digital models for optimizing mining operations, assessing investment attractiveness, and planning land reclamation of disturbed areas.

Вступ. Титан є однією з критичних та стратегічних корисних копалин, визначальних для економічної безпеки, оборонної промисловості та розвитку високотехнологічних галузей. Його роль зростає у зв'язку з глобальним попитом на матеріали для авіації, космічної техніки та відновлюваної енергетики. В Україні ключовими об'єктами цього напрямку є титан-цирконієві розсипи північно-західної частини Українського щита.

Серед них Тростяницьке родовище, приурочене до північної частини Володарськ-Волинського масиву, має особливу перспективу завдяки своєму розташуванню безпосередньо поруч із Межирічним родовищем, що вже перебуває на стадії промислової розробки. Географічна близькість та подібність геолого-структурних умов дозволяють розглядати Тростяницьке як потенційний об'єкт для залучення у майбутні інвестиційні та виробничі програми.

Разом із тим його освоєння ускладнюється неоднорідністю будови продуктивного горизонту, що обумовлено поєднанням сучасних морфологічних умов та спадкових палеогеоморфологічних структур. У цьому контексті актуальним є застосування методів геоінформаційного аналізу, які забезпечують створення цифрових моделей рельєфу, покрівлі та підошви пласта. Це дозволяє встановити закономірності залягання й поширення мінералів, уточнити просторову будову родовища та обґрунтувати можливості його раціонального промислового освоєння.

Методи. У попередніх дослідженнях титан-цирконієвих родовищ, зокрема у працях Охоліної й співавторів [5] та ін., значна увага приділялася літолого-фаціальному аналізу, стратиграфічним особливостям продуктивних горизонтів і використанню інтегральних показників для оцінки запасів. Такий підхід дав змогу обґрунтувати геолого-промислові параметри родовищ та визначити перспективні ділянки їхнього освоєння. У цій роботі застосовано інший ракурс — цифрові моделі рельєфу (DEM) і побудова карт ізогіпс покрівлі та підошви продуктивного пласта. Це дозволило поєднати морфологічні та геологічні чинники в єдиному просторі та деталізувати просторову мінливість потужності пласта. Таким чином,

запропонована методика не суперечить, а доповнює попередні підходи, створюючи ширший інструментарій для аналізу розсипних родовищ Української розсипної субровінції.

Вихідними матеріалами стали дані бурових свердловин [4], геологічного картування та топографічних зйомок. На їх основі було створено цифрову модель рельєфу (DEM) з кроком сітки 20 м, що забезпечує відтворення основних морфологічних закономірностей території та є оптимальним для аналізу будови продуктивного пласта. Як підкреслюють Білоус та ін [1], ефективність цифрових моделей рельєфу визначається не стільки їх максимальною деталізацією, скільки відповідністю роздільності поставленим завданням, тоді як Гунько [3] зазначає, що для регіональних структурно-геоморфологічних досліджень достатньо середнього масштабу (10–30 м). Тому побудована модель адекватно відображає закономірності рельєфу й дозволяє коректно зіставити їх із геологічними структурами.

Отримана DEM стала базовою основою для інтерполяції геологічних даних і побудови карт ізогіпс покрівлі та підошви продуктивного пласта. Це дало можливість узгодити сучасну морфологію з геологічними поверхнями, виявити просторові закономірності залягання корисної копалини та оцінити потужність пласта. Поєднання цифрової моделі з геоінформаційними методами обробки забезпечило не лише візуалізацію геологічних структур, але й аналіз їхньої взаємодії з палеогеоморфологічними формами. Подібний підхід узгоджується з міжнародними дослідженнями [2], які демонструють, що вибір роздільності DEM суттєво впливає на відтворення давніх геоморфологічних форм, а порівняння різних моделей дозволяє оцінити їх переваги та обмеження.

Результати. Побудовані ізогіпси дозволили відтворити просторову структуру досліджуваної території на трьох рівнях: сучасного рельєфу, покрівлі та підошви продуктивного пласта. Їх аналіз дав змогу порівняти морфологію поверхні із внутрішньою геологічною будовою, виявити залежність розташування продуктивних горизонтів від сучасних і давніх форм рельєфу та визначити закономірності зміни потужності пласта в межах родовища.

Карта ізогіпс рельєфу (рис. 1) показала складну будову поверхні з чисельними нерівностями (підвищеннями та западинами). Їхнє розташування відображає морфологічні умови, успадковані від давніх палеорельєфу, які відігравали ключову роль у процесах акумуляції та подальшого переформування продуктивних відкладів. Карта покрівлі продуктивного пласта (рис. 2) відобразила асиметричне його залягання: у північних і північно-західних ділянках виділяються пониження, що створювали сприятливі умови для акумуляції важких мінералів. Підошва пласта (рис. 3) характеризується загальним падінням на південний схід, що відповідає напрямку палеодолини. Це свідчить про алювіально-озерно-болотне походження розсипу з подальшим розвитком схилових процесів на денудаційних формах рельєфу.

Зіставлення карт покрівлі та підошви дало можливість визначити зміни потужності пласта. Саме ці дані є ключовими для прогнозування промислового потенціалу та виділення ділянок, що можуть стати першочерговими об’єктами розробки.

Отримані результати мають прикладне значення для геолого-економічної оцінки та промислового освоєння Тростяницького родовища. Побудовані цифрові моделі дозволяють обґрунтовано визначати зони підвищеної потужності пласта, планувати черговість гірничих робіт і мінімізувати виробничі ризики. Вони також можуть бути інтегровані у системи моніторингу розробки й використані для проєктування рекультиваційних заходів. Важливо, що застосована методика має трансферний характер: підхід до побудови DEM та аналізу ізогіпс покрівлі й підошви може бути ефективно використаний і для інших титано-цирконієвих родовищ Української розсипної субпровінції, забезпечуючи порівнянність результатів і підвищуючи якість планування їхнього освоєння.

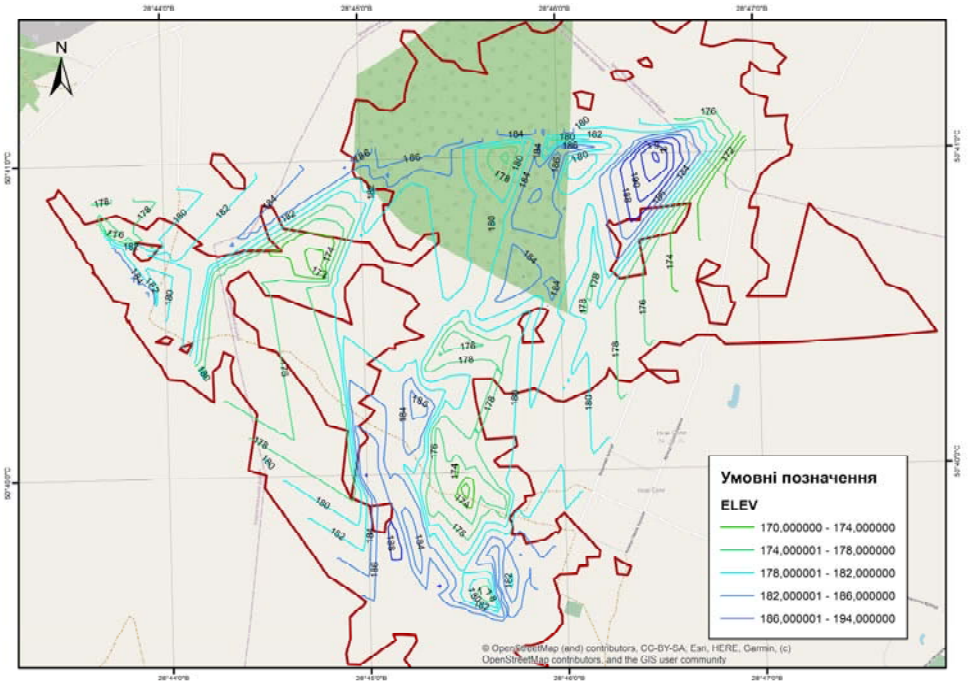


Рис. 1. Ізогіпси рельєфу території

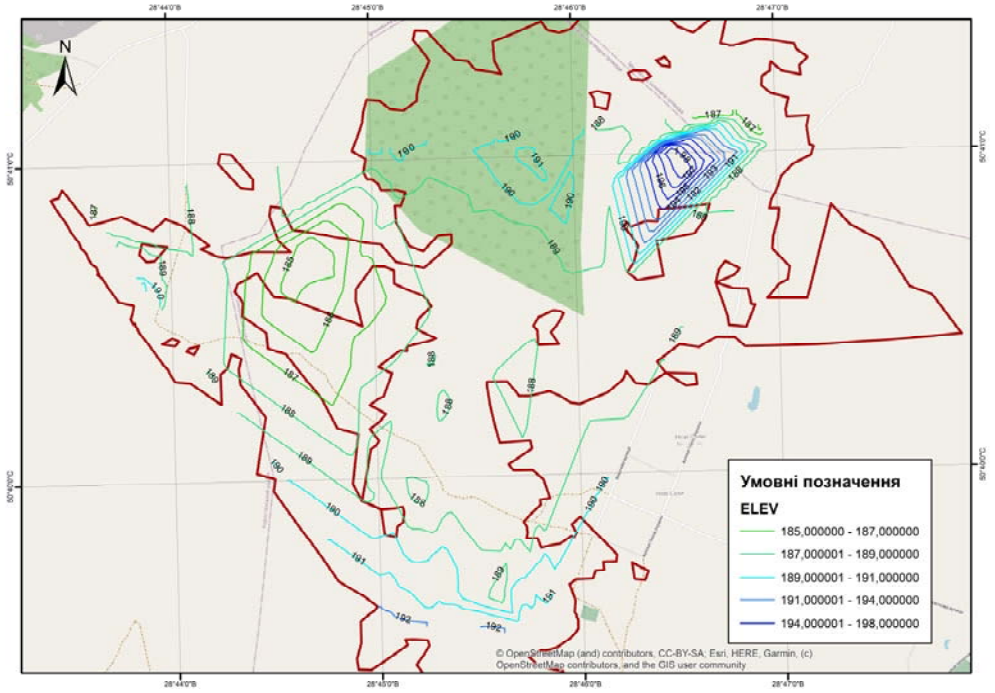


Рис. 2. Ізогіпси покрівлі продуктивного пласта

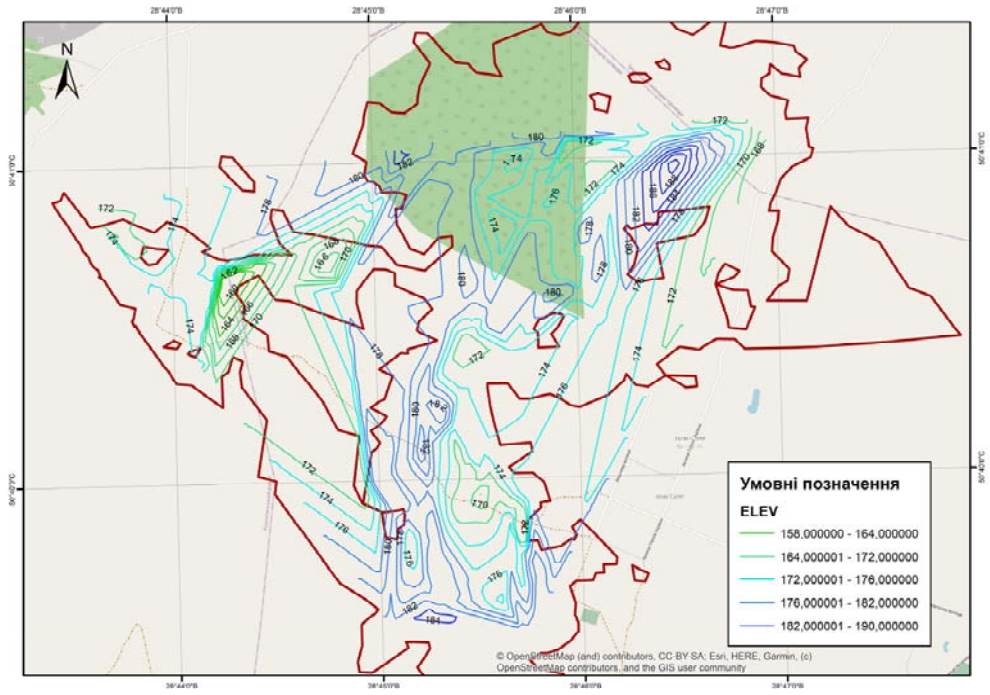


Рис. 3. Ізогіпси підошви продуктивного пласта

Висновки. Проведене дослідження із застосуванням геоінформаційного моделювання дозволило комплексно охарактеризувати морфологію та внутрішню будову продуктивного пласта Тростяницького родовища. Побудовані карти ізогіпс рельєфу, покрівлі та підошви відтворили просторові закономірності формування та показали зв'язок сучасних форм з палеогеоморфологічними структурами, що визначали умови акумуляції та подальшого переформування розсипних відкладів. Це дало змогу виділити ділянки з максимальною потужністю пласта, перспективні для першочергового промислового освоєння.

Отримані результати мають безпосереднє прикладне значення: цифрові моделі дають змогу інвестору чи розробнику оцінити запаси з точною просторовою прив'язкою у системі WGS-84 та розрахувати обсяги розкривних робіт для окремих ділянок. Таким чином, моделі виступають практичним інструментом для планування видобутку й економічного обґрунтування проєктів.

Список використаних джерел:

1. Bilous L. F., Shyshchenco P., Samoilenko V. and Havrylenko O. (2020). *Spatial morphometric analysis of digital elevation model in landscape research*. Geoinformatics 2020. https://doi.org/10.3997/2214-4609.2020geo124

2. Dobre B. et al. (2021). Comparison of digital elevation models through the analysis of geomorphic surface remnants. Transactions in GIS, 25(6), 2761–2781. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/tgis.12819

3. Hunko I. (2023). *Analysis of methods for digital terrain modeling*. Kharkiv Geology Journal, (57), 54–63. https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/6126

4. Базалійська, Л. М. (2008). Детальна розвідка Тростяницького розсипного родовища ільменіту : звіт. Київ.

5. Охоліна, Т. В., Внукова, Н. М., Кузьманенко, Г. О., & Ремезова, О. О. (2024). Використання інтегрального показника для визначення пріоритетних ділянок Ti–Zr розсипів. Геологічний журнал, 3(388), 79–88. https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.3.284381

МЕТОДИКА І ПРАКТИКА ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН ЗА РІЗНИМИ КЛАСИФІКАЦІЙНИМИ СИСТЕМАМИ



УДК 553.04

ГЕОСТАТИСТИЧНИЙ ПІДХІД ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ ОЦІНКИ СТРАТЕГІЧНИХ І КРИТИЧНИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН УКРАЇНИ

Назаренко М.В., Король Н.О., Мороз О.В., *mvn@k-mine.com, nata@k-mine.com,*
Група компаній KAI, м. Кривий Ріг, Україна

У статті розглядається стратегічне значення переходу України до сучасних міжнародних стандартів оцінки запасів корисних копалин. Описано двовекторну стратегію адаптації: використання стандартів UNFC для державного управління надрами та кодексів сімейства CRIRSCO (JORC, NI 43-101) для забезпечення прозорості та довіри інвесторів. Показано роль сучасних технічних інструментів, таких як блокові моделі та варіограми, у науково обґрунтованій, ризикорієнтованій оцінці запасів. Особлива увага приділена Мінеральній угоді між Україною та США, яка зобов'язує українську систему класифікації адаптуватися до міжнародних стандартів оцінки критичних та стратегічних корисних копалин, сприяючи їх ефективному видобутку.

GEOSTATISTICAL APPROACH AS A TOOL FOR ENHANCING THE RELIABILITY OF STRATEGIC AND CRITICAL MINERAL RESOURCE ASSESSMENT IN UKRAINE

Nazarenko M., Korol N., Moroz O., *mvn@k-mine.com, nata@k-mine.com,*
KAI Group, Kryvyi Rih, Ukraine

The article explores the strategic significance of Ukraine's transition to internationally recognized standards for mineral resource reporting. A dual-track adaptation strategy is outlined: the adoption of the UNFC framework for state-level subsurface management, and the implementation of CRIRSCO family codes (JORC, NI 43-101, SK-1300, etc.) to strengthen transparency, reliability, and investor confidence. The contribution of modern technical tools—such as block models, variograms, and risk-oriented geostatistical procedures—is emphasized as the scientific foundation for robust estimation of Mineral Resources and Ore Reserves.

Special attention is devoted to the Minerals Agreement between Ukraine and the United States, which establishes a formal commitment for Ukraine to align its national classification system with CRIRSCO-based standards. This alignment is presented not only as a condition of international cooperation but also as a driver of more effective development, evaluation, and reporting of critical and strategic mineral resources—fully consistent with global industry practice and the expectations of the international investment community.

Історично Державна комісія по запасах корисних копалин України (ДКЗ) виконує ключову функцію з державної експертизи та оцінки запасів, базуючись на звітах про геологічне вивчення родовищ. Ця модель передбачає державне визначення промислового значення запасів корисних копалин ділянок надр, для яких на момент проведення геолого-економічної оцінки згідно з техніко-економічними розрахунками доведено, що вони відповідають або не відповідають вимогам Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр і поділяються на групи: балансові, позабалансові, умовно балансові та з невизначеним промисловим значенням запаси корисних копалин [3]. Тобто економічна модель, що приведена у геолого-економічних оцінках є підґрунтям для підтвердження промислової цінності родовища та постановки запасів на баланс держави.

Однак, в сучасних ринкових реаліях такий підхід незрозумілий для інвесторів, оскільки він не надає комплексного розуміння детальної економічної вигоди проєкту. Усвідомлюючи ці обмеження, Україна зробила значні кроки на шляху адаптації до міжнародних вимог. Стаття 45 Кодексу України про надра дозволяє використовувати міжнародні стандарти, включно з UNFC та класифікацією CRIRSCO, під час проведення державної експертизи за ініціативою надрокористувача [2]. Це законодавче рішення створює основу для подальшої гармонізації. Крім того, ДКЗ активно обговорює «методичні підходи щодо сумісності» класифікаційної системи з шаблоном CRIRSCO, що свідчить про інституційну готовність до змін.

Успішна модернізація системи оцінки запасів в Україні не повинна обмежуватися однобічним підходом, а має ґрунтуватися на двовекторній стратегії. Така стратегія передбачає одночасний розвиток використання двох ключових груп міжнародних стандартів: Рамкової класифікації ООН для ресурсів (UNFC) та стандартів, що належать до

родини Комітету з міжнародних стандартів звітності по запасах (CRIRSCO), таких як JORC, NI 43-101 та інші. Цей підхід забезпечить як ефективне державне управління надрами, так і необхідну прозорість для міжнародних інвесторів, розкриваючи повний економічний потенціал мінеральних ресурсів країни.

ДКЗ України вдало інтегрувало міжнародну класифікацію UNFC, проте міжнародний стандарт звітності по запасах CRIRSCO поки що недостатньо впроваджений у національну систему обліку та звітності. UNFC та CRIRSCO не є конкуруючими системами. Насправді, вони виконують різні, але взаємодоповнювальні функції, що забезпечує їхню гармонійну синергію. CRIRSCO зосереджений на детальних вимогах до публічної звітності для інвесторів, тоді як UNFC виступає інтеграційною класифікацією для державних органів та міжнародних організацій. Ключова відмінність полягає у вимогах до економічної доцільності. Стандарти CRIRSCO вимагають, щоб усі оголошені ресурси мали «обґрунтовані перспективи для можливого економічного видобутку». Натомість UNFC дозволяє класифікувати ресурси, які наразі є нерентабельними або які знаходяться на ранніх стадіях вивчення, що є важливим для довгострокового стратегічного планування та ведення національних облікових систем.

Мінеральна угода, що підписана між Україною та США зобов'язує адаптувати національну систему класифікації запасів корисних копалин, зокрема критичних та стратегічних, до стандартів CRIRSCO, забезпечуючи прозорість, сумісність і узгодженість із міжнародними стандартами оцінки ресурсів. Перехід на міжнародні стандарти такі як JORC, NI 43-101, SK-1300 та інші стане потужним каталізатором розвитку гірничодобувної промисловості України, що відповідає її стратегічним економічним та політичним інтересам.

При цьому модернізація системи оцінки запасів не обмежується лише законодавчими змінами; вона вимагає впровадження сучасних технічних інструментів. Особливо треба звернути увагу на фундаментальну роль **блокової моделі та варіограми**. Блокова модель є комплексною системою, що інтегрує геологічні та геостатистичні дані для створення точної та прозорої оцінки запасів.

Критично важливим елементом цього підходу є варіограма. Це не просто теоретичний параметр, а практичний інструмент, що слугує кількісним критерієм для класифікації запасів. Діапазон варіограми визначає межі просторової кореляції мінералізації, а отже, й максимальну відстань, на якій можна отримати надійну оцінку. Використання діапазону як критерію дозволяє фахівцям обґрунтовано класифікувати кожен оцінений блок, від передбачуваних ресурсів (Inferred Mineral Resources) до доведених запасів (Proved Reserves). Такий перехід від простого обчислення до науково обґрунтованого, ризикорієнтованого підходу є фундаментальним. Це забезпечує прозорість та достовірність даних, надаючи інвесторам чітке уявлення про рівень геологічного ризику. Таким чином, технічні інструменти, такі як блокова модель та варіограма, стають основою для забезпечення довіри до даних, що є однією з ключових вимог міжнародних стандартів звітності [7].

Блокова модель — це тривимірне представлення родовища, яке складається з безлічі елементарних регулярних або нерегулярних за розміром блоків. Кожен блок має визначені координати в просторі та зберігає інформацію про різні геологічні та гірничо-технічні параметри. Блокова модель слугує цифровим двійником родовища, дозволяючи геологам та інженерам оцінювати та класифікувати ресурси з високою точністю. Розуміння принципів її побудови та застосування є критично важливим для прийняття рішень щодо розробки родовища, планування видобутку та економічної оцінки проєкту. Основні атрибути, які зберігаються в кожному блоці, включають:

- геологічний домен: тип руди, вміст корисного компонента, щільність породи.
- геостатистичні параметри: дисперсія, стандартне відхилення, клас точності оцінки.
- гірничі параметри: коефіцієнт вилучення, приналежність до певної фази видобутку.

Розмір блоку є ключовим фактором і зазвичай вибирається таким чином, щоб він відповідав мінімальній одиниці видобутку, наприклад, розміру ковша екскаватора [6]. Наразі, в програмних продуктах існують автоматизовані методи і підходи до вибору оптимального розміру елементарного блоку блокової моделі, які базуються на визначенні

та співставленні таких параметрів, як ефективність Кригингу (Kriging Efficiency) та нахилу лінії регресії (Slope of Regression) [1]. Саме геостатистичні підходи дозволяють компетентному геологу проаналізувати різні параметри блоку та прийняти об'єктивний та правильний вибір.

Використання блокової моделі є ключовим для оцінки ресурсів з кількох причин:

1. Тривимірна візуалізація. Вона дає змогу візуалізувати геологічну інформацію у трьох вимірах, що є набагато ефективнішим, ніж робота з двовимірними планами та розрізами. Це допомагає геологам краще зрозуміти форму, розмір та внутрішню структуру рудних тіл.

2. Точність оцінки. Блокова модель дозволяє використовувати геостатистичні методи для розрахунку вмісту корисного компонента в кожному блоці, враховуючи просторову кореляцію. Це значно підвищує точність оцінки порівняно з традиційними методами, такими як метод геологічних розрізів.

3. Економічна оцінка передбачає визначення вартості кожного блоку на основі вмісту корисного компонента, витрат на видобуток і переробку та потенційної ціни реалізації. Ключовим інструментом у цьому процесі є cut-off grade, що слугує критерієм відбору економічно доцільних блоків. Такий підхід дозволяє визначити межі родовища з урахуванням розумних перспектив його промислового освоєння та видобутку.

4. Класифікація запасів. Блокова модель дозволяє автоматично класифікувати ресурси та запаси за міжнародними стандартами на основі різних критеріїв, включаючи відстань до найближчих свердловин, дисперсію оцінки, що робить процес прозорим та стандартизованим.

5.Управління ризиками. Модель дозволяє аналізувати геологічні ризики, пов'язані з видобутком, такі як неоднорідність розподілу корисних компонентів або наявність геологічних порушень. Це допомагає приймати обґрунтовані рішення для безпечного та ефективного ведення гірничих робіт.

Інтерполяційні методи в блоковій моделі застосовуються для оцінки вмісту корисного компонента в кожному блоці на основі даних із бурових свердловин та виробок. Найпоширенішими з них є:

• Зворотні зважені відстані (Inverse Distance Weighting, IDW) – це найпростіший метод інтерполяції. Він присвоює більшу вагу тим точкам опробування, які знаходяться ближче до блоку, що оцінюється. Хоча цей метод є швидким і простим для розуміння, він не враховує просторову кореляцію даних і часто призводить до ефекту "згладжування", де локальні аномалії зникають.

• Кригінг (Kriging). На відміну від IDW, Кригінг є геостатистичним методом. Він використовує варіограму для моделювання просторової залежності даних. Це дозволяє розрахувати ваги для кожної точки опробування таким чином, щоб отримати найкращу лінійну незміщену оцінку. Головна перевага Кригінгу — він не тільки надає оцінку, а й розраховує Кригінг-дисперсію ($\sigma_к^2$), яка є мірою невизначеності цієї оцінки. Чим менша дисперсія, тим надійніша оцінка.

Блокова модель дозволяє автоматизувати процес класифікації запасів за міжнародними стандартами (JORC, NI 43-101, SK-1300 та інші), використовуючи кількісні критерії для кожного блоку.

Виміряні (Measured) та Обчислені (Indicated) мінеральні ресурси присвоюються блокам, які знаходяться в зоні високої геологічної достовірності. Основні критерії для їх визначення у блоковій моделі включають:

– відстань від найближчої свердловини (блоки повинні знаходитись на близькій відстані від точок опробування;

– кількість свердловин (для оцінки блоку використовується мінімальна кількість свердловин);

– Кригінг-дисперсія ($\sigma_к^2$) - це найважливіший критерій. Для виміряних ресурсів значення $\sigma_к^2$ має бути дуже низьким, а для обчислених — низьким або середнім. Передбачувані (Inferred) ресурси являються найменш достовірною категорією. Вона присвоюється блокам, які знаходяться на значній відстані від точок опробування, що

призводить до високої Кригінг-дисперсії ($\sigma_к^2$). Така класифікація вказує на те, що існує значна невизначеність щодо геологічних параметрів блоку.

Варіограма — це модель просторової залежності, яка відображає, наскільки сильний зв'язок між зразками на різних відстанях. Вона показує, як змінюється схожість між двома точками зі збільшенням відстані між ними. Величина діапазону в цій моделі безпосередньо вказує, яку область навколо оцінюваної точки слід розглядати як зону впливу. Кригінг — це метод просторової інтерполяції, що використовує модельну варіограму для розрахунку вагових коефіцієнтів, які присвоюються кожному зразку при оцінці значення в неопробованій точці. Головний принцип Кригінга полягає в тому, що ближчі та більш корельовані зразки отримують більшу вагу в оцінці, ніж більш віддалені [4,5].

Графік варіограми зазвичай має три ключові параметри (Рис. 1):

1. Поріг (sill): Максимальне значення варіації. Показує, що на певній відстані зразки перестають бути пов'язаними один з одним, і варіація стає рівною дисперсії всього родовища.
2. Ефект самородка (nugget effect): Значення варіації при нульовій відстані. Відображає варіацію, яка відбувається на дуже малих відстанях, менших, ніж відстань між точками відбору проб (наприклад, помилка відбору або аналізу).
3. Діапазон (range): Це відстань, при якій варіограма досягає свого порога. Діапазон є критично важливим параметром, оскільки він визначає максимальну відстань, на якій можна вважати, що дані просторово взаємопов'язані. За межами цієї відстані зразки вважаються статистично незалежними.

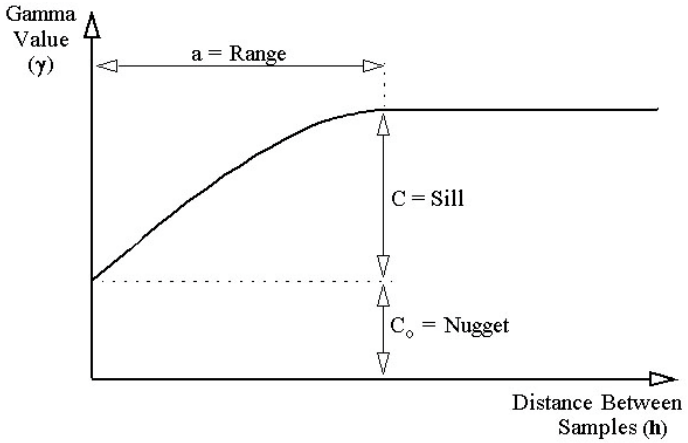


Рис. 1 Елементи варіограми

Існує два основні види варіограм, які використовуються в геостатистиці:

1. Емпірична (експериментальна) варіограма: Це фактичний графік, побудований на основі вихідних даних родовища. Для кожної пари зразків розраховується варіація в залежності від відстані між ними. Цей графік відображає реальну просторову залежність, але він може бути нерівним і містити "шум".
2. Модельна варіограма: Це математична функція, яка апроксимує емпіричну варіограму. Вона є "згладженою" версією емпіричного графіка і використовується в Кригінгу для розрахунку ваг. Вибір правильної моделі є критично важливим для отримання достовірних результатів.

В міжнародних системах класифікації категорії ресурсів мають тісний зв’язок з діапазоном варіограми. Міжнародні кодекси оцінки класифікують ресурси на основі двох основних критеріїв: геологічної достовірності та економічної доцільності. Величина діапазону варіограми є основним інструментом для визначення геологічної достовірності. Так, в залежності від ступеня достовірності вивченості для кожної категорії ресурсів характерні певні критерії вибору діапазону [7].

1. Виміряні ресурси (Measured Mineral Resources) – це найвища категорія ресурсів, обсяг, якість та інші характеристики яких оцінені з високим рівнем впевненості.

Дані для них отримують з детальних досліджень, що підтверджують геологічну та якісну безперервність покладу. Виміряні ресурси за певними модифікуючими факторами можуть бути переведені в доведені запаси (Proved Reserves) – це економічно видобувна частина виміряних мінеральних ресурсів. Це найвища категорія, що має найвищий рівень впевненості в технічних та економічних параметрах видобутку. Для виміряних ресурсів у світовій практиці найбільш частіше застосовується параметр діапазону, який відповідає вибору менш ніж 1/2 його частини. Такий підхід обумовлює:

• Мінімізацію дисперсії оцінки: При використанні Кригінга мета полягає в тому, щоб отримати оцінку з мінімальною похибкою. Кригінг-дисперсія ($\sigma_к^2$), яка є мірою невизначеності оцінки, прямо залежить від варіограми та розташування точок опробування. Якщо відстань між зразками (і, відповідно, до оцінюваного блоку) становить менш ніж 1/2 або 1/3 від діапазону, Кригінг-дисперсія досягає мінімальних значень. Це гарантує, що оцінка є найбільш надійною та стабільною.

• Контроль за умовним зміщенням. Оцінка, отримана методом Кригінга, відома своїм ефектом «згладжування», коли вона недооцінює високі значення та переоцінює низькі. Зменшення відстані між пробами до 1/2 діапазону значно знижує це умовне зміщення, роблячи оцінку більш достовірною. Це є критично важливим для переведення ресурсів у найвищу категорію запасів.

Ця категорія застосовується до блоків, розташованих у межах зони з надзвичайно високою щільністю опробування. Відстань між зразками для оцінки таких блоків повинна бути значно меншою за діапазон варіограми. Це забезпечує високий рівень впевненості в тому, що геологічні параметри блоку точно відомі, і дозволяє перейти від ресурсів до запасів з мінімальним ризиком. Для цієї категорії властива висока ступінь впевненості у геологічних параметрах.

2. Обчислені ресурси (Indicated Mineral Reserves) ґрунтуються на достатніх даних, щоб оцінити обсяг, якість та інші параметри з розумним рівнем впевненості. Ці ресурси є достатньо вивченими для використання в техніко-економічному обґрунтуванні. Економічно видобувна частина визначених мінеральних ресурсів відноситься до ймовірних запасів (Probable Reserves).

Блоки, оцінені за даною категорією, мають меншу щільність опробування, ніж вищенаведені ресурси. Відстань між зразками для оцінки таких блоків зазвичай знаходиться в межах діапазону варіограми. Це означає, що дані все ще мають значну просторову кореляцію, але рівень впевненості в оцінці нижчий, ніж для доведених запасів. Геологічна впевненість для цієї категорії — середня.

3. Передбачувані мінеральні ресурси (Inferred Mineral Resources) ґрунтуються на обмеженій геологічній інформації та даних про відбір проб. Їхня точність є найнижчою. Це найменш достовірна категорія. Оцінка передбачуваних ресурсів часто базується на даних, відстань між якими значно перевищує діапазон варіограми. У цьому випадку Кригінг, як і раніше, може дати оцінку, але вона матиме дуже високий рівень невизначеності. Такі ресурси не можуть бути переведені в запаси без додаткового детального опробування. Геологічна впевненість — низька.

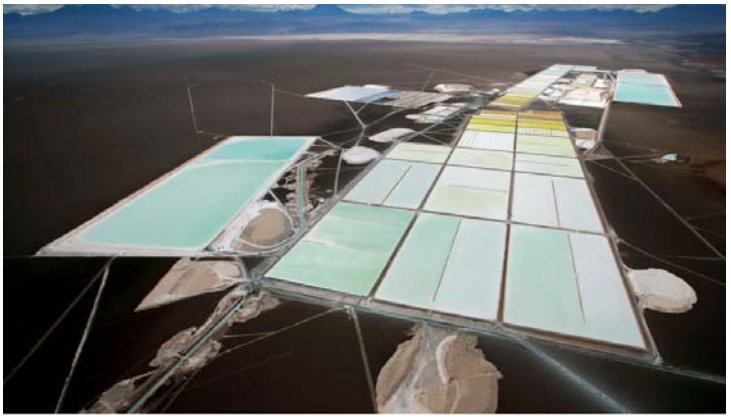
Практичне застосування діапазону варіограми, як основного інструмента для визначення геологічної достовірності, є стандартною практикою в гірничодобувній галузі по всьому світу. Зокрема, діапазон варіограми використовується при оцінці класу мінеральних ресурсів критичних та стратегічних корисних копалин, що дозволяє кількісно визначати ступінь надійності даних і приймати обґрунтовані рішення щодо розробки родовищ. Приклади застосування діапазону варіограми при визначенні класу мінеральних ресурсів наведені нижче:

Родовище міді Pucara (Перу): Під час оцінки запасів міді на цьому родовищі використовувалися варіограми з діапазоном близько 50-70 м. Для класифікації блоків як «Measured Mineral Resources» відстань між точками опробування було скорочено до 15-20 м (тобто, приблизно 1/3 або 1/4 діапазону), що дозволило досягти мінімальної Кригінг-дисперсії.



Родовище літію Salar de Atacama, Чилі:

Для оцінки просторової кореляції вмісту літію у соляних розчинах використовується варіограма з діапазоном 50 м. Для визначення блоків як «Measured Mineral Resources» відстань між точками опробування прийнята до 12–15 м (приблизно 1/4 діапазону), що дозволяє мінімізувати Кригінг-дисперсію та підвищити точність оцінки.



Родовище титану – Tellnes, Норвегія є одним із найбільших у Європі, для оцінки просторової кореляції вмісту TiO_2 використано варіограми з діапазоном близько 80-100 м.

Для класифікації Measured Mineral Resources відстань між зразками опробування обмежено до 20-25 м (приблизно 1/4 діапазону).



Родовище золота Obuasi (Гана): У технічних звітах для цього родовища (відповідно до кодексу JORC) зазначалося, що відстань між буровими свердловинами для класифікації «Measured Mineral Resources» становила 25-30 м, тоді як діапазон варіограми у напрямку рудних тіл становив приблизно 60-80 м (приблизно 1/2 або 1/3 діапазону).



Отже, перехід України до сучасних міжнародних стандартів оцінки запасів твердих корисних копалин є стратегічним завданням, що відповідає європейським прагненням країни та потребі залучення інвестицій. Ця трансформація є комплексним процесом, який передбачає впровадження двовекторної стратегії: використання стандартів UNFC для ефективного державного управління надрами та кодексів сімейства CRIRSCO (JORC, NI 43-101 тощо) для забезпечення прозорості та довіри інвесторів.

Фундаментом цього переходу є сучасні технічні інструменти, зокрема блокова модель та варіограма, що дозволяють перейти від спрощеного обліку до науково обґрунтованої, ризикорієнтованої оцінки запасів, надаючи інвесторам чітке розуміння рівня геологічного ризику. Використання діапазону варіограми як кількісного критерію для класифікації ресурсів гарантує достовірність даних, що є ключовою вимогою міжнародних ринків капіталу.

Мінеральна угода між Україною та США, що стосується розробки критичних та стратегічних корисних копалин, зобов'язує українську систему класифікації адаптуватися до міжнародних стандартів оцінки, включно з CRIRSCO (JORC, NI 43-101 та іншими кодексами сімейства). Це передбачає впровадження прозорих методологій для визначення геологічної достовірності ресурсів, застосування кількісних критеріїв ризику та забезпечення сумісності національної звітності з міжнародними практиками. Реалізація цих змін сприяє ефективному використанню стратегічних і критичних ресурсів, їх інтеграції у глобальні ланцюги постачання та підвищує довіру інвесторів. Це рішення є стратегічно важливим і перспективним для розвитку гірничодобувної галузі та економіки країни в цілому.

Список використаних джерел:

1. Геоінформаційні технології в надрокористуванні (на прикладі ГІС K-MINE) / [Рудько Г.І., Назаренко М.В., Хоменко С.А., Нецький О.В. та ін.]; за ред. Г.І. Рудька, М.В. Назаренко. – К.: Академпрес, 2011. – 336 с.
2. Кодекс України про надра. – Відомості Верховної Ради України, 1994, № 36, ст. 340.
3. Національні та міжнародні системи класифікації запасів і ресурсів корисних копалин: стан та перспективи гармонізації / за ред. Г.І. Рудька. – Київ – Чернівці, 2012. – 231 с.
4. Clark, I. *Practical Geostatistics*. – London: Applied Science Publishers Ltd, 1979. – 130 p. (доступно для завантаження: http://www.kriging.com).
5. Emery, X., Séguret, S. *Geostatistics for the Mining Industry*. – Springer, 2019. – 280 p.
6. Rendu, J.M. *Mineral Resource and Ore Reserve Estimation*. – Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME), 2000. – 336 p.
7. JORC. *Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves (The JORC Code, 2012 Edition)*. – Prepared by the Joint Ore Reserves Committee of The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Australian Institute of Geoscientists and Minerals Council of Australia, 2012. – 44 p.
8. Геоінформаційні технології в надрокористуванні (на прикладі ГІС K-MINE) / [Рудько Г.І., Назаренко М.В., Хоменко С.А., Нецький О.В. та ін.]; під ред. Г.І. Рудька, М.В. Назаренко. – К.: Академпрес, 2011. – 336 с.
9. Кодекс України про надра. Відомості Верховної Ради України від 06.09.1994 – 1994 р., № 36, стаття 340.
10. Національні та міжнародні системи класифікації запасів і ресурсів корисних копалин: стан та перспективи гармонізації / за ред. Г.І. Рудька. – Київ – Чернівці, 2012. – 231 с
11. Clark, I., Practical Geostatistics, 1979, Applied Science Publishers Ltd, 130pp. (can be freely downloaded from: http://www.kriging.com).
12. «Geostatistics for the Mining Industry» by X. Emery and S. Séguret.
13. «Mineral Resource and Ore Reserve Estimation» by J. M. Rendu.

УДК 553.048

PRMS: УМОВИ ПЕРЕВЕДЕННЯ ОБСЯГІВ ВУГЛЕВОДНІВ В КЛАС «УМОВНІ РЕСУРСИ»

Михайлів І.Р., *к. геол. н., доцент, iryna.mykhailiv@nung.edu.ua*,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ, Україна

У статті на прикладі газових покладів горизонту Б-3 одного із родовищ Північного борту ДДз продемонстровано підхід до виділення категорій Запаси та Умовні Ресурси і описано рух обсягів вуглеводнів між класами, залежно від технічних та економічних умов. Розподіл оцінених обсягів газу за категоріями виконано станом на 01.01.2022 р. та 01.01.2024 р. У першому випадку відбулось продовження терміну дії спеціального дозволу на користування надрами, що забезпечило можливість подальшої комерційної розробки покладів. Необхідність перерозподілу оцінених обсягів газу виникла через два роки, адже одна із експлуатаційних свердловин переведена у бездіючий фонд внаслідок обводнення. У даному випадку переведення в Умовні Ресурси відбулось через технічний чинник, і обсяги, які ніби «формально» відповідають Запасам – не можуть комерційно вилучені, оскільки відсутні видобувні свердловини. Також, увага акцентується на значенні і впливі регуляторних чинників на оцінку вуглеводневих активів. Відзначається, що переведення обсягів із категорії Умовні ресурси у Запаси можливе лише за умови усунення усіх обмежень і у даному випадку активна позиція надрокористувача щодо інвестування у технічну інфраструктуру є вирішальною для забезпечення комерційного статусу проєктів.

PRMS: CONDITIONS FOR THE TRANSFER OF HYDROCARBON VOLUMES TO THE "CONDITIONAL RESOURCES" CLASS

Mykhailiv I., *Cand. Sci. (Geol.), Associate Professor, iryna.mykhailiv@nung.edu.ua,*
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine

An approach to the allocation of Reserves and Contingent Resources categories has been presented in this paper based on the example of gas deposits in the B-3 horizon of one of the fields within the Northern edge of the Dnieper-Donets rift, and the migration of hydrocarbon quantities between classes, depending on technical and economic conditions, has been described. The distribution of estimated gas quantities by categories was performed as of 01.01.2022 and 01.01.2024. In the first case, the term of the special subsoil use permit was extended, which ensured the possibility of further commercial field development. The need to redistribute estimated gas quantities arose two years later, as one of the production wells was transferred to the inactive fund due to water ingress. In this case, the conversion to Contingent Resources occurred due to a technical factor, and quantities that “formally” belong to Reserves cannot be commercially extracted because there are no production wells available. Also, attention is drawn to the significance and impact of regulatory factors on the assessment of hydrocarbon assets. It should be noted that the conversion of quantities from the Contingent Resources category to Reserves is only possible if all restrictions are removed, and in this case, the subsoil user's active position on investing in technical infrastructure is crucial for ensuring the commercial status of projects.

Вступ. Практичне впровадження PRMS для оцінки нафтових і газових родовищ в Україні дозволить вирішити декілька важливих питань:

1. Міжнародна інтеграція: використання загальноприйнятого стандарту дозволить українським нафтогазовим компаніям ефективніше співпрацювати з іноземними партнерами, що відкриває можливості для залучення нових технологій, досвіду та капіталу.

2. Залучення інвестицій: зрозуміла та уніфікована система оцінки запасів підвищує довіру інвесторів; вони отримують чітке уявлення про обсяги запасів, рівень ризиків та перспективи видобутку, що є ключовими факторами для ухвалення рішень про інвестування.

3. Покращення підходів до управління ресурсами: стандартизація процесів оцінки та управління запасами дозволяє оптимізувати розробку і видобуток з родовищ. Це допомагає ефективніше планувати видобуток та сприяє раціональному використанню природних ресурсів.

На сьогодні, значний інтерес викликає не лише доцільність застосування PRMS як світового стандарту, а й власне практичні аспекти виділення різних категорій і підкласів, розподіл підрахованих обсягів вуглеводнів між виділеними групами та можливі переходи

між ними. Отже, метою даного дослідження є комплексний аналіз методологічних основ розмежування категорій «Запаси» та «Умовні Ресурси» при оцінці обсягів вуглеводнів та дослідження можливості їх комерційної розробки на прикладі конкретного родовища.

Протягом останніх років в Україні реалізовано декілька проєктів з оцінки та аудиту запасів за участі провідних світових консалтингових компаній, що спеціалізуються на оцінці вуглеводневих ресурсів відповідно до стандартів PRMS.

Зокрема, у 2015 році американська компанія Ryder Scott Company L.P. провела незалежну оцінку запасів вуглеводнів на перспективних об'єктах НАК «Нафтогаз України» [5].

Ще однією авторитетною компанією, що працювала в Україні, є Miller and Lents Ltd. Вони виграли тендер на проведення незалежної оцінки запасів вуглеводнів на 153 родовищах та 45 перспективних площах ПАТ «Укргазвидобування» [1]. У 2022 році ця ж компанія здійснила оцінку запасів нафти і газу на 88 родовищах компанії ПАТ «Укрнафта» [3].

У 2019 році компанія DeGolyer and MacNaughton Corp. уклала контракт з АТ «Укргазвидобування» на проведення незалежної оцінки запасів і ресурсів вуглеводнів на 157 родовищах та 49 перспективних площах у Харківській, Полтавській, Дніпропетровській, Івано-Франківській та Львівській областях. Оцінка проводилась за стандартами PRMS [2].

Також відзначається зростання інтересу до PRMS серед українських дослідників, що відображено у їхніх наукових публікаціях, присвячених методичним аспектам застосування стандарту та його адаптації до української практики [6, 7]. Також є приклади практичного виконання оцінки запасів родовища нафти і газу за PRMS українськими фахівцями.

Для полегшення розуміння ключових засад PRMS Державна комісія України по запасах корисних копалин у 2021 році розробила Методичні рекомендації щодо застосування цієї системи, які містить фундаментальні принципи класифікації та оцінки запасів і ресурсів вуглеводнів, забезпечуючи впровадження єдиної термінології та визначень, що використовуються у світовій практиці [4].

Умовні Ресурси представляють чималий інтерес, адже характеризуються імовірністю введення в розробку і належать до відкритих, тобто є потенційно видобувними при реалізації проєкту розробки, який не вважається в даний час комерційним через наявність одного або більше умовних обмежень.

Основний зміст проведеного дослідження. У даній статті розглянуто критерії виділення категорії Умовних Ресурсів та чинники руху оцінених обсягів вуглеводнів між різними категоріями на прикладі нафтогазоконденсатного родовища, яке за адміністративним поділом України розташоване у Харківській області. У тектонічному відношенні родовище розташоване у межах Північного борту Дніпровсько-Донецької западини. Його промислова газоносність пов'язана із кам'яновугільними відкладами, у яких відкриті газові поклади у відкладах башкирського ярусу. У якості об'єкту досліджень виступають газові поклади продуктивного горизонту Б-3 башкирського ярусу середнього відділу кам'яновугільної системи. Модель геологічної будови горизонту визначена за результатами сейсмічних досліджень, інтерпретація яких дозволила виділити західне та східне склепіння, з якими пов'язані тектонічно та літологічно обмежені поклади.

Газовий поклад західного склепіння розкритий свердловинами №№ 10 та 12. Горизонт Б-3 у розрізі свердловини 10 виділений за даними ГДС, як газонасичений, при його випробуванні отримали приплив води з газом. Свердловина № 10 переведена на вищезалягаючий горизонт і використовується для експлуатації газового покладу горизонту Б-1.

Свердловина № 12 перебувала в експлуатації з початковим дебітом газу 50,1 тис. м³/добу. Дреновані запаси газу оцінені в об'ємі 49 млн м^3. З 01.01.2024 р. свердловина перебуває у бездіючому фонді внаслідок обводнення, накопичений обсяг

видобутку із покладу горизонту Б-3 західного склепіння (св. 12) становить 19,465 млн м³ газу.

Газовий поклад східного склепіння розкритий свердловиною № 13, яка перебуває в експлуатації з початковим дебітом газу 17,5 тис. м³/добу. Дреновані запаси газу оцінені в об'ємі 41 млн м^3. Станом на 01.01.2024 р. накопичений обсяг видобутку із покладу горизонту Б-3 східного склепіння (св. 13) становить 16,531 млн м³ газу.

Ступінь вивчення та історія експлуатації газових покладів горизонту Б-3 дозволила за PRMS станом на 01.01.2022 р. оцінені обсяги вуглеводнів віднести до категорії – Запаси та Умовні ресурси (рис. 1):

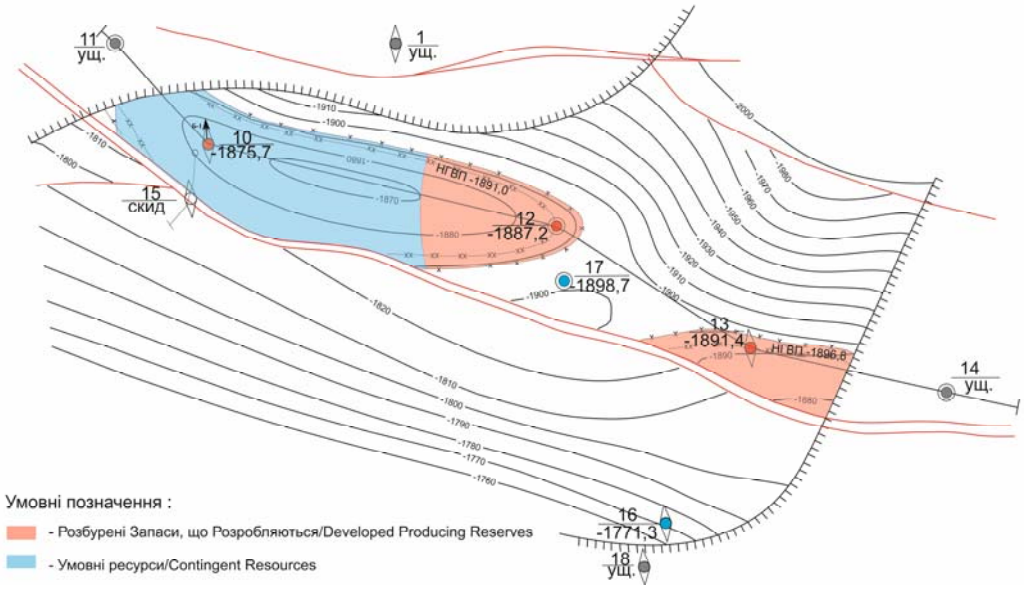


Рис. 1. Виділення категорій Запаси та Умовні Ресурси (станом на 01.01.2022 р.)

– Розбурені Запаси, що Розробляються (Developed Producing Reserves) – це обсяги вуглеводнів, які вже видобуваються існуючими свердловинами, для яких існують необхідна інфраструктура та технології [4]. Відповідно, для горизонту Б-3 обсяги вуглеводнів у кількості 56 млн м^3 у зоні дренування свердловин № 12 та № 13 віднесені до класу DPR, адже свердловини забезпечують стабільний видобуток, а самі запаси можуть бути враховані як підтверджені та які розробляються;

– Умовні ресурси (Contingent Resources) – це обсяги вуглеводнів, які виявлені, але їх видобуток на даний момент не є комерційними через певні обмеження. Отже, до цієї категорії віднесені обсяги вуглеводнів західного склепіння у кількості 106 млн м^3, які знаходяться у межах НГВП та прилягають до зони дренування свердловини № 12. Обмежуючим чинником, що не дозволяє у найближчий перспективі віднеси ці обсяги до Запасів є технічний, адже відсутній фонд свердловин, який би забезпечив вилучення цих вуглеводнів (свердловина № 10 працює на іншому горизонті, а буріння нових свердловин у межах родовища надрокористувач не планує). Отже, вуглеводні потенційно можуть бути видобуті, але на дату оцінки їх видобуток не планується;

–Видобуток (Production) – загалом по продуктивному горизонту обсяг видобутку становить 34 млн м³ газу.

Оскільки, свердловина № 12 переведена у бездіючий фонд, внаслідок обводнення, станом на 01.01.2024 р. виконано переоцінку обсягів вуглеводнів, які розподілились таким чином (рис. 2):

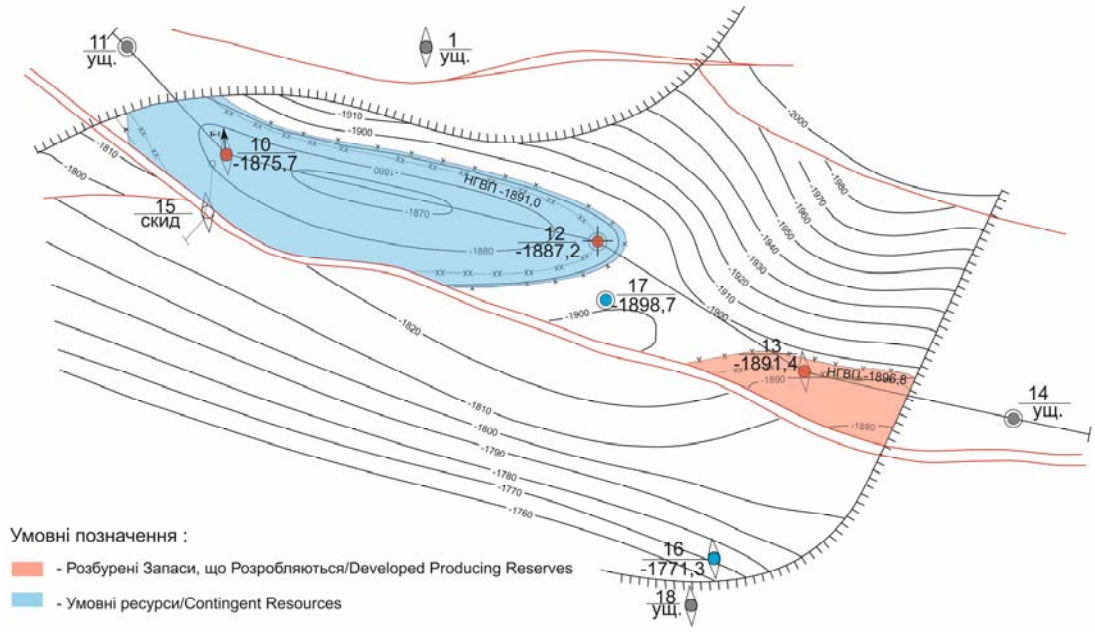


Рис. 2. Виділення категорій Запаси та Умовні Ресурси (станом на 01.01.2024 р.)

– Розбурені Запаси, що Розробляються (Developed Producing Reserves) – у кількості 24 млн м^3 газу – обсяги вуглеводнів східного склепіння, які знаходяться у зоні дренування свердловини № 13 і ще не видобуті нею;

– Умовні ресурси (Contingent Resources) – у кількості 136 млн м^3 газу – до 106 млн м^3 західного склепіння додається 30 млн м^3, які не можуть бути вилучені св. № 12 (переведені із категорії DPR);

–Видобуток (Production) – загалом по продуктивному горизонту становить 36 млн м^3 газу.

У даному дослідженні підрахунок загальних початкових обсягів вуглеводнів проводився без врахування діапазонів невизначеності, а отримані величини відповідають оптимальній оцінці, оскільки визначені за усередненими значеннями оціночних (підрахункових) параметрів.

Результати оцінки загальних початкових обсягів вуглеводнів горизонту Б-3 за PRMS наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Загальні початкові обсяги вуглеводнів горизонту Б-3 за PRMS

Категорія	Загальні запаси товарного газу, млн м^3	
	Станом на **01.01.2022 р.**	Станом на **01.01.2024 р.**
Накопичений видобуток / Production	34	36
Доведені, які розробляються / Developed producing	56	24
Умовні ресурси / Contingent resources	106	136

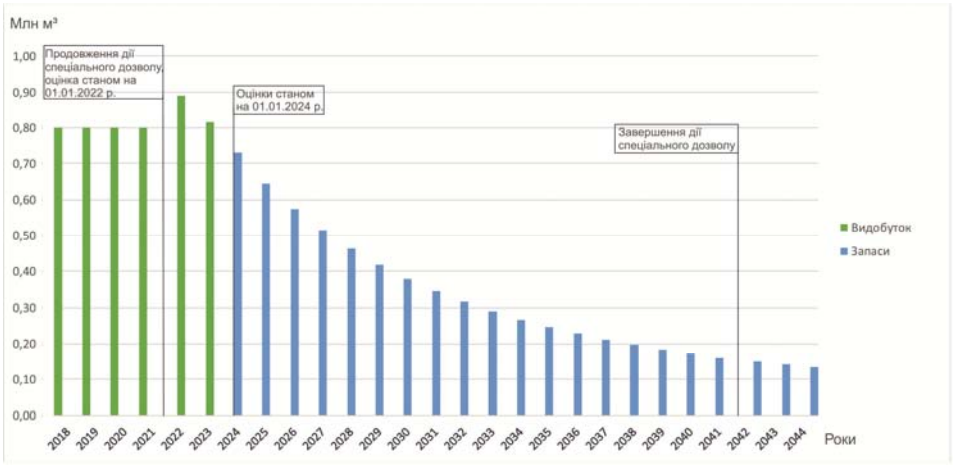
Як зазначено вище, за PRMS строк дії чинної угоди (у нашому випадку термін дії спецдозволу на користування надрами) безпосередньо впливатиме на рух обсягів вуглеводнів між класами Запаси та Умовні Ресурси. У випадку існування обґрунтованих передумов, що строк дії буде продовжено – оцінені обсяги вуглеводнів надалі залишаться у категорії Запаси, у іншому випадку (дію спецдозволу не продовжено) – обсяги вуглеводнів будуть переведені до категорії Умовні Ресурси.

За проведеною економічною оцінкою станом на 01.01.2024 р. встановлено, що рентабельний період розробки покладу горизонту Б-3 триватиме до 2044 р., проте період розробки обмежується строком дії спеціального дозволу на користування надрами, що

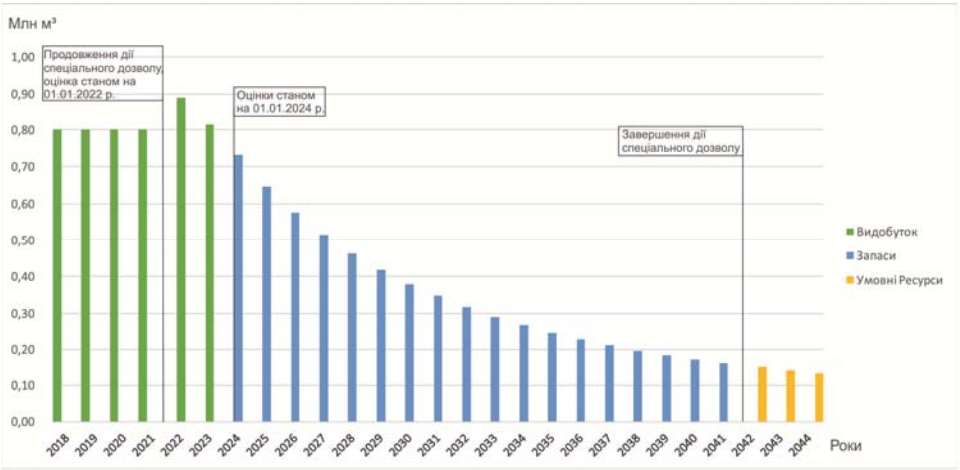
завершується у 2041 р. До цього часу очікується вилучити 6,35 млн м^3 газу (табл. 2), решта – 17,65 млн м^3 газу – або залишиться у категорії Запаси (рис. 3а), або буде переведена у категорію Умовних ресурсів (рис. 3б). Варто зауважити, що для даного проєкту оцінені обсяги газу, скоріш за все, залишаться у категорії Запаси, адже присутня висока імовірність продовження строку дії спецдозволу для даного надрокористувача, особливо зважаючи на те, що його вже продовжували наприкінці 2021 р.

Таблиця 2. Показники економічної ефективності розробки покладу горизонту Б-3

Показники	Значення
Завершення дії спецдозволу, рік	2041
Видобуток за проєктний період, млн м^3	6,35
Капітальні вкладення, тис. грн.	4500,00
Чистий дохід , тис. грн.	79269,57
Чистий прибуток, тис. грн.	11757,84
Грошовий потік, тис. грн.	25521,43
Дисконтований грошовий потік, тис. грн.	9627,70
Рентабельність продукції, %	18,11
Індекс дохідності, част. од.	6,67
Внутрішня норма рентабельності, %	Немає рішення
Термін окупності, роки	Протягом року
Податки та відрахування до бюджету, тис. грн.	41446,25



а



б

Рис. 3. Графіки видобутку по проєктах Запаси та Умовні Ресурси
а) термін дії спецдозволу продовжено; б) термін дії спецдозволу не продовжено.

Висновок. Застосування PRMS при оцінці вуглеводневих активів дозволяє глибоко та всебічно охарактеризувати поточний стан вивченості та розробки покладів, чітко виділити категорії Запасів і Ресурсів (Умовних і Перспективних), а також закласти підґрунтя для ефективного управління ресурсною базою вуглеводнів. Це створює можливості для стратегічного планування обсягів видобутку, залучення інвестицій і забезпечення сталого розвитку нафтогазової галузі. Аналіз геологічної будови покладів та технічної інфраструктури досліджуваного родовища підтверджує наявність перешкод, які обмежують комерційне освоєння обсягів газу на деяких ділянках, а сама реалізація проєкту стримується відсутністю інвестиційних рішень щодо буріння нових свердловин. Отже, виділяючи категорію Умовних Ресурсів необхідно вишукувати шляхи послаблення впливу ключових умов та/або обмежень, які перешкоджають переведенню оцінених обсягів у клас Запаси та початку їх комерційної розробки.

Список використаних джерел:

1. Договір № UGV 7072/03-17 про надання послуг незалежної оцінки резервів (запасів, ресурсів) вуглеводнів родовищ і площ ПАТ «Укргазвидобування». Режим доступу: https://prozorro.gov.ua/tender/UA-2017-08-02-001616-b
2. Договір № UGV 611/16-19 про надання послуг незалежної оцінки резервів (запасів, ресурсів) вуглеводнів родовищ і площ ПАТ «Укргазвидобування». Режим доступу:
https://prozorro.gov.ua/tender/UA-2018-12-06-004280-c
3. Договір № 21/1433-Р на оцінку запасів нафти і газу. Режим доступу: https://prozorro.gov.ua/tender/UA-2022-12-06-018150-a
4. Методичні рекомендації щодо застосування класифікації запасів та ресурсів нафти і газу за системою управління вуглеводневими ресурсами (Petroleum Resources Management System – PRMS)//Затв. Наказ ДКЗ України від 26.02.2021 № 79. Режим доступу: https://dkz.gov.ua/ua/diyalnist/normativno-pravova-baza
5. Нафтогаз обрав оцінювача резервів вуглеводнів нафтогазових родовищ і перспективних площ (13 березня, 2015) / https://www.naftogaz.com/news/naftogaz-obrav-otsinyuvacha-rezerviv-vuglevodniv-naftogazovyh-rodovysch-i-perspektyvnyh-plosch
6. Рудько, Г. І., & Михайлів, І. Р. (2018). Методичні аспекти застосування PRMS-SPE до геолого-економічної оцінки запасів нафти й газу в Україні. *Мінеральні ресурси України*, (4), 37-44. https://doi.org/10.31996/mru.2018.4.37-44
7. Рудько, Г., & Михайлів, І. (2019). Стандарт PRMS-SPE: методичні аспекти, результуюча звітність і можливість застосування до ГЕО запасів нафти і газу в Україні. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*, *2*(85), 72-81. https://doi.org/10.17721/1728-2713.85.10

UDC: 620.91:553.7

GEOTHERMAL RESOURCES CLASSIFICATION: INTERNATIONAL EXPERIENCE AND DOMESTIC PRACTICE

Kurylo M.*[1]*, *Dr. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., marikurylo@meta.ua,*
Liventseva H.*[2]*, *Cand. Sci. (Geol.), researcher, hliventseva@geo3bcn.csic.es;*
1 – Taras Shevchenko University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,
2 – Geosciences Barselona GEO3BCN-CSIC, Barselona Spain

Classification of geothermal resources is a basic tool for evaluating and developing geothermal projects. Classifications vary depending on the region, scale of implementation, and history of geothermal resource use. Together these classifications help stakeholders evaluate risk, financing, technology choice, and project timeline within geothermal project development.

The paper analyses the main characteristics and classifications of geothermal resources and projects. These tools are used at different stages of geological and technical resource studies. A comparison of international classifications with the domestic experience of classifying geothermal resources in Ukraine is provided. The comprehensive classification of geothermal playas, based on geological, geothermal and hydrogeological parameters is recommended for general use in Ukraine. For the geothermal projects, UNFC is recommended as the basic classification at all stages of project development.

Keywords: classification, geothermal resources, evaluation, geothermal play.

Growing interest in renewable energy sources, including geothermal resources, has created a need to standardize reporting methods for renewable energy potential and resources. The renewable energy industry has become a fully commercialized sector in which several oil and gas companies have already begun to play a significant role. These players have expressed the need for a common platform for transparent assessment and comparison of the potential of their renewable and non-renewable energy portfolios. A common system for assessing and comparing renewable and non-renewable energy sources is also needed by investors, regulators, governments, and consumers as a basis for a comprehensive overview of current and future energy sustainability scenarios at the project, company, country, regional, or global level.

Geothermal resources are included in the list of higher classifications as an energy source, and are also the starting point for the subsequent classification of resource types and categories according to the properties list.

According to the World Energy Council classification, geothermal energy belongs to primary renewable unconventional resources. After all, geothermal energy is the energy of the Earth's heat, the main source of which is a constant flow of heat from the red-hot depths, directed to the Earth's surface. Renewable describes a property of the energy source, while sustainability describes how the resource is used. The most important factor for classifying geothermal energy as a renewable energy source is the rate of energy replenishment. During the operation of natural geothermal systems, energy replenishment occurs by advection (delivery) of thermal water on the same time scale as the production from the resource. This confirms the classification of geothermal energy as a renewable energy source. In the case of hot dry rocks and some hot water aquifers in sedimentary basins, energy replenishment occurs only through thermal conductivity; due to the slow rate of the latter process, hot dry rocks and some sedimentary reservoirs should be considered as finite energy resources.

The main classification characteristics most commonly found in international practice are summarized in the review (*Geothermal Resources Classification, 2022*) and listed below (Table 1).

There are a lot of classification criteria that reflect the most significant features for project development on every stage. From the project exploration geological and physical criteria can have t high significant level. On the development stages technological solution and project maturity are included in parameters list.

Table 1. Main classification features and subjects

Classification features	Classification subjects	Typical cases	Key reference
Temperature / Enthalpy	Reservoir temperature/enthalpy as proxy for usability	Low (<90 °C), Medium (90–150 °C), High (>150 °C)	*Lee (1996)*
Thermodynamic quality (Exergy)	Specific exergy index (SEI) of produced fluid vs. ambient	SEI >0.5 (high), 0.05–0.5 (medium), <0.05 (low)	*Lee (1996)*
Geologic settings	Tectonic/volcanic context controlling resource type	Volcanic arcs, rifts, sedimentary basins, fault-controlled systems	*Williams (2008, 2015) Moeck (2015)*
Resource potential	Theoretical → Technical → Economic → Sustainable → Developable potential	Tiered potentials narrowing from physical limit to bankable capacity	*Rybach (2015)*
Assessment confidence / Reporting codes	Geological confidence and modifying factors for reporting to investors	Resources: Inferred, Indicated, Measured; Reserves: Probable, Proven	AGRCC/GEA/ Canadian Codes
Stored heat (volumetric)	Heat in place (rock+fluid) and recoverable fraction	$Q = \rho \cdot c \cdot \Delta T \cdot V \times$ recovery factor; used to compare prospects on a common basis	Review consensus
Utilization / End use	Best-fit applications given temperature/quality	Power (flash/binary), Direct use (district heat, industry), GSHP	General practice

The most common criterion for classifying geothermal resources is based on the enthalpy of the geothermal fluids that act as carriers that transfer heat from deep hot rocks to the surface. Enthalpy, which can be considered more or less proportional to temperature, is used to express the heat content (thermal energy) of the fluids and their approximate value. Resources are divided into low, medium and high enthalpy (or temperature) resources according to criteria that are typically based on the energy content of the fluids and their potential uses. Additionally, we often divide water- or liquid-dominated geothermal systems and steam- (or dry steam-) dominated geothermal systems. Another classification criteria for geothermal systems is based on the equilibrium state of the reservoir considering the circulation of the reservoir fluid and the mechanism of heat exchange.

Temperature and enthalpy cannot reflect the properties of a fluid (for fluids with different phases, such as saturated water or saturated steam). Using resources exergy, we can compare their ability to do work. Exergy is expressed as the maximum work done when a flow of matter is brought from its initial state to the ambient state, defined by P0 and T0, by physical processes involving only thermal interaction with the environment.

Along with one-component classifications, multi-component classifications are used in project development. According to them, geothermal resources can be classified by 5-10 control quality parameters like the following: 1) probable degree of thermal convection; 2) temperature of thermal fluids; 3) enthalpy; 4) chemical composition of thermal fluids; 5) geological conditions; 6) probable heat source; 7) thermal changes of the host rocks; 8) resource category; 9) rock type. Such classification allows us to identify the main types of geothermal systems, referring not only to the T value, but also to the characteristics/quality of the reservoir, host rocks and fluids, geological environment, etc.

The most popular classification of geological settings (properly Moek classification). Geothermal systems occur in a variety of geological environments and each of them has a fundamental influence on the potential temperature, fluid composition, and reservoir characteristics. Geothermal systems are typically associated with areas of young tectonism and

volcanism, such as along active plate margins and interplate hotspots, rather than in stable cratonic regions.

Important factors for utilizing geothermal energy are how much heat is stored at the depth of the well and the ability to recover that heat at the surface at an economical rate for a specific use (development at the depth of interest is possible). Geothermal systems can be classified based on the influence of geological controls and structural plate tectonic settings on thermal regime and heat flow, hydrogeological regime, fluid dynamics, fluid chemistry, faults and fractures, stress regime, and lithological sequence.

The importance level of each classification criterion may vary during the geothermal resource development stage. These patterns are shown in Table 2 below.

Table 2. The importance level of classification criterion during development stage

Classification features	Development Stages				
	Reconnaissance	Preliminary exploration	Development/ Construction	Start up Operation	Recla-mation
Temperature / Enthalpy	High importance	High importance	Medium	Medium	Low
Thermodynamic quality (Exergy)	High importance	High importance	Medium	Medium	Low
Geologic settings	High importance	High importance	High importance	High importance	Low
Resource potential	High importance	High importance	High importance	High importance	High importance
Assessment confidence / Reporting codes	Medium	Medium	High importance	High importance	High importance
Stored heat (volumetric)	Medium	High importance	High importance	High importance	Medium
Utilization / End use	Low	Low	Low	Medium	High importance

United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 (UNFC-2009) to Geothermal Energy Resources.

For geothermal projects, the UNFC classification is the most developed, as it directly or indirectly takes into account most of the listed systematization criteria.

The application of the United Nations Framework Classification of Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 (hereinafter UNFC/UNFC-2009) began in 2014 as a result of a request from a target expert group to provide at least one UNFC Specification for renewable energy sources. To this end, a request was made to experts from the International Geothermal Association (IGA) to provide specifications for the application of UNFC-2009 to geothermal energy resources using the full details of UNFC-2009. Cooperation between these organizations began after the signing of a Memorandum in April 2014, and it was noted that the IGA represents the best platform for developing specifications and guidelines for the application of UNFC-2009 to geothermal energy.



Fig.1 International and regional industry organizations with which the UNFC Specification for geothermal resources is coordinated

A distinctive feature of the UNFC Specification for Geothermal Resources is the use of uniform basic criteria for systematizing geological, technical, economic, and all other types of information, which allows for the evaluation, comparison, examination, and decision-making not only for regional geothermal projects, but also for traditional energy resources and complex subsoil use projects. Prior to the development of the UNFC Specification for Geothermal Resources, there were no globally agreed geothermal standards, guidelines, or codes that provided for the harmonization and comparability of all regional and international classification systems. The inclusion of geothermal energy in the UNFC contributes to improving global connectivity in the geothermal sector as part of the larger energy sector.

The UNFC for geothermal resources is based on the use of the aforementioned Classification as a universal system in which reserves are systematized on the basis of three fundamental criteria: 1) economic and social viability of the project (axis E); 2) status and feasibility of the project to develop the deposit (axis F); 3) geological study (axis G) using a digital code system. Combinations of these criteria create a three-dimensional code system.

Among international systems for assessing geothermal resources, the Australian and Canadian protocols should also be noted. The Australian Geothermal Reporting Committee (AGRCC) produced the world's first unified guide on how to report geothermal data to the market in 2008, with a revision in 2010. The Definition and Reporting was intended to provide a methodology for the assessment, quantification and reporting of geothermal resources and reserves (*Australian Code,2010)*.

Key aspects of the code were later adopted by the Canadian Geothermal Code for public reporting by the Canadian Geothermal Code Committee. They classified geothermal resources into three categories, namely inferred, indicated and measured, which represent three different levels of geological knowledge and probability of occurrence.

Overview of classifications of geothermal resources in Ukraine

The basic regulatory documents governing the use of geothermal resources in domestic practice are

- The Code of Ukraine on Subsurface Resources (*Code, 1994*);
- Classification of reserves and resources of mineral deposits of the state subsoil fund (*Classification, 1996*);
- Instructions for the application of the Classification of mineral reserves and resources of the state subsoil fund to thermal underground water deposits (*Instruction, 2007*);
- Methodological guidelines on the content, form, and procedure for submitting geological and economic assessment materials on thermal underground water deposits to the State Commission of Ukraine on Mineral Reserves (*Methodological guidelines*, 2012).

The Instructions (*Instruction, 2007*) establish requirements for geological study of geothermal water deposits according to the complexity of their geological structure; requirements for calculation, geological and economic assessment and state accounting of operational reserves of geothermal deposits according to the level of their industrial significance and the basic principles of assessing reserves of geothermal deposits. According to this instruction, the division of operational reserves and resources of thermal energy water into classes is identified by an international three-digit digital code using three consecutive digits. The first digit of this code characterizes the industrial value of the reserves, the second digit - the degree of feasibility study, the third digit - the degree of geological study. A total of 9 classes are distinguished. This Instruction is mandatory for implementation by business entities engaged in the search, exploration and exploitation of hydrothermal deposits. It should be noted that this classification concerns the quantitative calculation of reserves of a geothermal deposit and the readiness of a certain deposit for industrial development, that is, it does not apply to the classification of geothermal resources as item.

Regulatory conditions for geothermal resources development in Ukraine

It should be noted that geothermal resources occupy a separate position in the traditional systematization of subsoil resources and are distinguished independently of the energy source. However, in the domestic system of types of subsoil use, this type of use is not distinguished and is provided for in a limited form in the following areas:

- geological study, including experimental and industrial development, of mineral resources with subsequent extraction of mineral resources (industrial development of deposits)
- construction and operation of underground structures not related to the extraction of minerals
- use of underground thermal waters, which are part of the extraction of minerals.

Since the cycle of geothermal resource development begins with exploration and evaluation, the initial stage and type of subsoil use, in accordance with the Code of Ukraine on Subsoil, is geological study, including test exploitation. This approach is consistent with the requirements to further classify geothermal resources in accordance with the current Classification of Reserves and Resources of Minerals of the State Subsurface Fund, which in this case provides for only one type of geothermal sources - deposits of thermal underground waters to deposits of thermal underground waters.

In the future, during industrial development, it may be appropriate to use two types of subsoil use: 1) extraction of minerals, if we deal with explored exploitable reserves of thermal underground water deposits; or 2) construction and operation of underground structures not related to the extraction of minerals, if the geothermal source is not related to underground waters.

In view of the above, the most rational additions to the existing types of subsoil use would be to allocate a separate type – the use of geothermal resources, which would consider all the features of the study, design, and industrial development of geothermal resources.

Список використаних джерел:

1. *Australian Code* for Reporting of Exploration Results, Geothermal Resources and Geothermal Reserves. The Geothermal Reporting Code (2010)//

https://www.dmp.wa.gov.au/Documents/Geological-Survey/Geothermal_Reporting_Code_Ed_2.pdf

2. IGA Service GmbH. Geothermal exploration best practices: A Guide to Resource Data Collection, Analysis, and Presentation for Geothermal Projects. Germany: Bochum University of Applied Sciences (Hochschule Bochum); 2013. 74 pp.

3. *Instructions* for the application of the Classification of mineral reserves and resources of the state subsoil fund to thermal underground water deposits (2007) //dkz.gov.ua Нормативно-правова база — Державна комісія України по запасах корисних копалин (ДКЗ)

4. IRENA (2017), Geothermal Power: Technology Brief, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

5. *Classification* of reserves and resources of mineral deposits of the state subsoil fund (1996) https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/432-97-%D0%BF#Text

6. *Code of Ukraine* on Subsurface Resources (1994) // https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-%D0%B2%D1%80#Text

7. *Dickson,* Mary H., Fanelli, Mario (2003). Geothermal energy: utilization and technology. Renewable energies series. 205 p.// https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000133254

8. *Jalilinasrabady* Saeid (2022). Geothermal Resources Classification – A Review. Conference: *Geothermal* Rising (GRC 2022). Reno – USA// https://www.researchgate.net/publication/363586429

9. *Lee,* K.C. (1996) Classification of Geothermal Resources-An Engnineering Approach. In Proceedings of the PROCEEDINGS, Twenty-First Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, January 22-24,; 1996.

10. *Lee,* K.C. (2001) Classification of geothermal resources by exergy. *Geothermics* 2001, *30*, 431–442, doi:10.1016/S0375-6505(00)00056-0.

11. *Methodological* guidelines on the content, form, and procedure for submitting geological and economic assessment materials on thermal underground water deposits to the State Commission of Ukraine on Mineral Reserves (2012) //dkz.gov.ua Нормативно-правова база — Державна комісія України по запасах корисних копалин (ДКЗ)

12. *Moeck*, I.; Beardsmore, G.C. (2015) Cataloging worldwide developed geothermal systems by geothermal play type. In Proceedings of the WGC2015; Melbourne, Australia.

13. *Rybach*, L. (2015) Classification of geothermal resources by potential. *Geotherm. Energy Sci.* 2015, *3*, 13–17, doi:10.5194/gtes-3-13-2015.

14. *Specifications for the application* of the United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 (UNFC-2009) to Geothermal Energy Resources, (2016) // https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/UNFC_specs/UNFC.RE_e.pdf

15. *UNFC* United Nations Framework Classification for Resources (UNFC) (2019) //https://unece.org/sites/default/files/2020-12/E_ECE_ENERGY_109_WEB.pdf1

16. *Williams*, Colin F., Reed, M.J. and Anderson, A.F. (2011) Updating the Classification of Geothermal Resources. *Thirty-Sixth Work. Geotherm. Reserv. Eng.*

УДК 553

ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ SPE-PRMS В ОЦІНЦІ РЕСУРСНОЇ БАЗИ АТ «УКРГАЗВИДОБУВАННЯ»

Дудніков М.С.[1], *к. геол. н., mykola.dudnikov@ugv.com.ua;*
Гіць Ю.С.[1], *yulia.gits@ugv.com.ua,* ***Загороднов А.В.***[2], *zagorodnov.andrey@ugv.com.ua,*
1 – АТ «Укргазвидобування», Київ, Україна,
2 – УкрНДІгаз, Харків, Україна

Висвітлено питання застосування класифікації системи SPE-PRMS в процесі оцінки ресурсної бази АТ «Укргазвидобування» в останні роки. Розглянуто переваги і проблематику оцінки запасів і ресурсів за класифікацією України та SPE-PRMS як визнаного міжнародного стандарту, що орієнтований на оцінку ресурсної бази виключно вуглеводневих родовищ. Проаналізовано подальші перспективи впровадження SPE-PRMS для оцінки ресурсної бази.

PRACTICAL ASPECTS OF APPLYING SPE-PRMS IN THE RESOURCE BASE ASSESSMENT OF JSC "UKRGASVYDOBUVANNYA"

Dudnikov M.[1], *Cand. Sci. (Geol.), mykola.dudnikov@ugv.com.ua,*
Gits Yu.[1], *yulia.gits@ugv.com.ua,* ***Zagorodnov A.***[2], *zagorodnov.andrey@ugv.com.ua,*
1 – JSC "Ukrgasvydobuvannya", Kyiv, Ukraine
2 – UkrNIIgaz, Kharkiv, Ukraine

The paper highlights the practical application of the SPE-PRMS classification system in the assessment of the resource base of JSC "Ukrgasvydobuvannya" in recent years. It examines the advantages and challenges of evaluating reserves and resources according to both the Ukrainian classification and SPE-PRMS, which is a recognized international standard focused exclusively on hydrocarbon fields. The potential for further implementation of SPE-PRMS in resource base assessment has also been analyzed.

Вступ. Оцінка та облік ресурсної бази вуглеводневих родовищ в Україні проводиться з використанням Класифікації запасів і ресурсів вуглеводнів в Україні, яка затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 05.05.1997 № 432 зі змінами і доповненнями та розробленою на її підставі і затвердженою наказом ДКЗ України від 10.07.1998 № 46 «Інструкцією із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до геолого-економічного вивчення ресурсів перспективних ділянок надр та запасів родовищ нафти і газу» [1].

В основу класифікації запасів України покладено рамкову класифікацію ООН (UNFC) викопних енергетичних та мінеральних запасів/ресурсів. В той же час, статтею 45 Кодексу України про надра передбачено можливість використання системи SPE-PRMS в процесі підготовки документації з оцінки запасів вуглеводнів. Дане положення є не обов'язковим і може застосовуватися за потреби надрокористувача. При цьому вимоги нормативних документів, основою яких є рамкова класифікація ООН, обов'язкові до виконання.

Незважаючи на те, що спільною метою для обидвох класифікацій є забезпечення системності та прозорості під час оцінки та обліку ресурсної бази родовищ, PRMS і РК ООН все ж відрізняються за філософією, структурою та сферою застосування. Ці відмінності пояснюють, чому компанії та держави часто використовують обидві системи паралельно, а також чому питання їх гармонізації залишається актуальним протягом тривалого періоду часу [5].

Загальні положення. Основною відмінністю між класифікаціями є те, що класифікація на основі РК ООН є універсальною і стосується усіх корисних копалин, а система SPE-PRMS розроблена, як стандарт для нафтогазового комплексу та орієнтована на оцінку ресурсної бази виключно вуглеводневих родовищ.

Варто зазначити, що багато принципів, визначень і рекомендацій PRMS є спільними з РК ООН, проте остання має унікальну чіткість в розширеному врахуванні технічних, екологічних та соціальних аспектів в контексті їхнього впливу на розробку проєкту та його життєвий цикл [5].

Однією з ключових розбіжностей класифікації SPE-PRMS з РК ООН є саме визначення терміну «Запаси» та орієнтація на комерційну доцільність проєктів. Класифікація PRMS заснована на проектах пошуку, розвідки та розробки, які мають бути економічно прибутковими, а також використовує імовірнісні та детерміністичні методи оцінки.

Відповідно до положень цієї класифікації, до запасів відносяться лише ті обсяги вуглеводнів, які можна вилучити за термін дії спеціального дозволу на користування надрами із застосуванням відповідних технічних рішень. Тобто ті, які можуть стати товарною продукцією і бути перетвореними на дохід, все решта є ресурсами.

Національна класифікація України заснована на тих самих трьох фундаментальних критеріях, що і РК ООН:

- економічна і соціальна життєздатність проекту,
- статус та обґрунтованість проекту освоєння родовища
- геологічна вивченість.

На відміну від SPE-PRMS, українська система оцінки:

- встановлює загальні (уніфіковані) принципи для державного фонду надр України щодо визначення кількості запасів і ресурсів, геолого-економічної оцінки, державного обліку та звітності про використання запасів і ресурсів корисних копалин
- класифікує запаси та ресурси згідно з рівнем їх економічного, соціального та промислового значення, ступенем техніко-економічного вивчення та підготовленості покладів корисних копалин до подальшого використання, а також ступенем геологічного вивчення та достовірності відповідно до категорій РК ООН [2].

Питання співставлення класифікацій є актуальним та опрацьовувалося фахівцями з оцінки запасів як України так і міжнародної спільноти [3,4,5]. Проблема зіставлення категорій і груп запасів та ресурсів у класифікаціях переважно зумовлена, як різними підходами до визначення власне категорій запасів, так і традиційною відмінністю в організації геологорозвідувальних робіт на нафту й газ.

Узгодження цих класифікацій може бути здійснене на основі загальних підходів до класифікації запасів і ресурсів, таких як промислове значення, стадія проектування розробки та геологічна вивченість.

В 2013 році Європейською економічною комісією ООН (UNECE) складено узгоджувальний документ між PRMS та РК ООН з оновленням у 2023 році. Документ дає досить інформативні роз’яснення щодо співставлення класифікацій, але зазначає що використання РК ООН і PRMS слід розглядати як взаємодоповнююче, а застосування кожної системи залежить від мети оцінки та вимог до звітності [5].

АТ «Укргазвидобування» має багаторічний досвід взаємодії з міжнародними компаніями США (Ryder Scott, Miller and Lents та DeGolyer and MacNaughton) в напрямку оцінки ресурсної бази з використанням системи SPE-PRMS. Останні роки незалежну оцінку резервів (запасів та ресурсів) вуглеводнів за класифікацією SPE-PRMS, а також вимогами комісії з цінних паперів і бірж (SEC), для АТ «Укргазвидобування» виконує компанія DeGolyer and MacNaughton,. Результати оцінки всебічно використовуються у виробничій діяльності Компанії.

Практичний досвід використання системи SPE-PRMS для оцінки ресурсної бази АТ «Укргазвидобування» дозволяє виділити основні ключові переваги:

- Спрощення підготовки інформації в процесі залучення інвестицій та проведення перемовин щодо участі в УРП або інших партнерствах.
- Можливість оцінки ресурсної бази з урахуванням комерційності, ризиків і невизначеності.
- Формування основи для прийняття інвестиційних рішень на основі економічної доцільності проєктів.
- Можливість портфельного управління родовищами, бенчмаркінгу та ін.

- Можливість оцінки ресурсної бази з досить високою точністю, маючи як повний набір даних так і обмежений набір даних.

В той же час, в процесі інтеграції системи SPE-PRMS у виробничу діяльність АТ «Укргазвидобування» виникають певні виклики, зумовлені як об'єктивними, так і суб'єктивними факторами. До об'єктивних слід віднести фактори пов'язані з одночасним використанням класифікації України та системи SPE-PRMS, що включають:

- Подвійне навантаження - фінансове, ресурсне, методологічне.

- Співставлення результатів - складність та неоднозначність співставлення та трактування запасів і ресурсів площ та родовищ за системою PRMS з прийнятою в Україні класифікацією.

- Потреба у внутрішній експертизі - для визначення причин відмінностей оцінки запасів і ресурсів за різними системами оцінки, узгодження даних та формування єдиної аналітичної інформації.

- Не повна деталізація всіх типів ресурсних проектів - через менший акцент на технічні, екологічні та соціальні аспекти, що також впливають на життєздатність проєкту.

Суб'єктивні фактори пов'язані з особливостями оцінки за класифікацією системи SPE-PRMS:

- Суб'єктивність оцінки - оцінка запасів вміщує елементи інтерпретації та експертної думки, що іноді призводить до розбіжностей та відхилень.

- У зв'язку з проектним підходом не всі обсяги вуглеводнів можуть бути враховані в запаси або умовні ресурси.

- Динамічність розвитку - вимоги і стандарти оцінки ресурсної бази в системі PRMS періодично змінюються, що потребує оновлення методик та додаткового навчання персоналу останнім змінам.

В подальшому, в процесі використання системи SPE-PRMS в оцінці ресурсної бази АТ «Укргазвидобування» слід відзначити організаційну, методологічну та технічну проблематики.

Організаційна проблематика пов'язана з відсутністю нормативно-правової бази стосовно застосування положень SPE-PRMS в Україні. Практично немає методологічної підтримки, а з регламентуючих документів стосовно використання системи SPE-PRMS в Україні можна виділити тільки затверджені ДКЗ «Методичні рекомендації щодо застосування класифікації запасів та ресурсів нафти і газу за системою управління вуглеводневими ресурсами PRMS» [6]. Періодичне оновлення методології та принципів PRMS потребуватиме налагодженої системи відслідковування цих змін, адаптації їх до умов українського законодавства, а також навчання і підвищення кваліфікації фахівців. Окрім того, відсутність єдиної внутрішньої політики щодо застосування SPE-PRMS в Україні може призвести до того, що фахівці різних компаній будуть трактувати підходи до оцінки по-різному. Важливим є впровадження регулярних заходів, професійні спільноти, різні навчальні формати для підвищення обізнаності стосовно практик застосування SPE-PRMS.

Методологічна проблематика пов'язана із складнощами при гармонізації і узгоджені результатів оцінки. Повної відповідності результатів оцінки між класифікацією України та системою SPE-PRMS досягнути не можливо. Результати є фактично взаємодоповнюючі, але не взаємозамінні. Також в наслідок суб'єктивності експертної оцінки та варіативності результатів виникатимуть розбіжності у фінальних результатах в разі зміни виконавця оцінки та впливу різних експертних поглядів залучених фахівців.

Технічна проблематика пов'язана з відсутністю цифрових інструментів для роботи з SPE-PRMS, для чого необхідно розробка та впровадження інструментів інтеграції з державними базами даних задля автоматизації процесу обліку та передачі результатів оцінки.

Висновки. Одним із шляхів вирішення згаданих питань, а також фактичного існування двох класифікацій запасів і ресурсів вуглеводнів в Україні, слід розглядати

можливість впровадження змін до нормативної законодавчої бази на державному рівні, щодо застосування системи SPE-PRMS як єдиної для оцінки ресурсної бази вуглеводнів. В свою чергу, такий крок наблизить нафтогазову галузь України до міжнародних стандартів та буде сприяти залученню інвестицій в проекти з видобутку вуглеводнів у післявоєнний період.

АТ «Укргазвидобування» готова поділитися досвідом та долучитися до обговорення і спільної підготовки відповідних документів, у разі прийняття рішення про перехід на класифікацію SPE-PRMS.

Список використаних джерел:

1. Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до геолого-економічного вивчення ресурсів перспективних ділянок та запасів родовищ нафти й газу, Наказ ДКЗ України № 46 від 10.07.1998 р.
2. Литвинюк С.Ф., Паюк С.О., Головні передумови оновлення класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр України. Матеріали IX міжнародної науково-практичної конференції Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. Львів, 2024.
3. Рудько Г.І., Михайлів І.Р. Методичні аспекти застосування PRMS-SPE до геолого-економічної оцінки запасів нафти й газу в Україні. Мінеральні ресурси України, №4, 2018.
4. Рудько Г.І., Нецький О.В. Виклики державній експертизі та оцінці запасів корисних копалин, перспективи її існування і розвитку. Матеріали VI міжнародної науково-практичної конференції Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. Трускавець, 2019.
5. Bridging Document between PRMS and UNFC 2023 //https://unece.org/sed/documents/2023/12/reports/bridging-document-between-prms-andunfc-2023
6. Методичні рекомендації щодо застосування класифікації запасів та ресурсів нафти і газу за системою управління вуглеводневими ресурсами PRMS, Наказ ДКЗ України №79 від 26.02.2021р.

УДК 553.98.048

ДЕЯКІ АСПЕКТИ УДОСКОНАЛЕННЯ ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ З ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ ЗАПАСІВ НАФТИ І ГАЗУ

Федів І.Я., *Iryna.Fediv@Ukrnafta.com,*
АТ "Укрнафта", м. Івано-Франківськ, Україна

Окреслено деякі аспекти можливостей удосконалення оформлення звітів геолого-економічної оцінки запасів вуглеводнів на основі аналізу результатів їх технічної перевірки автором за останні 6 років. Аналізуючи основні недоопрацювання різними авторами сутності і форми подання звітних матеріалів та враховуючи власний 20-річний досвід роботи у цій сфері, узагальнено основні упущення, зокрема щодо змісту написання звіту та оформлення графічних додатків до нього, а також недотримання нормативно-правової бази. Вказано на необхідність розробки нових нормативних документів з представлення та перевірки результатів звітів з геолого-економічної оцінки запасів та рекомендовано покращення їх відповідності державним стандартам.

SOME ASPECTS OF IMPROVING THE REPORTING FORMAT FOR THE GEOLOGICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF OIL AND GAS RESERVES

Fediv I., *Iryna.Fediv@Ukrnafta.com,*
SC "Ukrnafta", Ivano-Frankivsk, Ukraine

The paper outlines some aspects of potential improvements in the reporting format for geological and economic assessment of hydrocarbon reserves, based on the author's analysis of the results of their technical verification over the past 6 years. By analyzing the main shortcomings in the substance and presentation of reporting materials by various authors, and taking into account the author's own 20 years of experience in this field, the key oversights are summarized. These include, in particular, the content and composition of the report, the design of its graphical appendices, as well as non-compliance with the regulatory framework. The necessity of developing new regulatory documents for the presentation and verification of geological and economic assessment reports is highlighted, and improvements to their compliance with state standards are recommended.

Вступ. Виконання геолого-економічної оцінки запасів (надалі – ГЕО) для надрокористувача є одним із основних проектних документів для представлення результатів проведених робіт з метою державного обліку і визначення повноти використання запасів родовищ корисних копалин. Звіт є цілісним і спільним проектним документом різних фахівців: геологів, геофізиків, розробників, екологів, технологів та економістів. Відповідність звіту ГЕО запасів чинним нормативно-правовим актам є обов'язковою вимогою як для виконавців, так і для перевіряючого органу – Державної комісії запасів України (ДКЗ), що здійснює їх експертну оцінку та приймає рішення про затвердження запасів. Аналіз якості представлених у ДКЗ звітів ГЕО різних виконавців, відповідність їх змісту та оформлення чинній нормативно-правовій базі та напрацювання пропозицій щодо покращення діяльності у цій важливій для країни галузі є актуальною задачею. В даному дослідженні узагальнено деякі аспекти недоліків та можливостей їх уникнення з метою покращення якості оформлення звітів, особливо пояснюючої записки та графічних додатків.

Виклад основного матеріалу. На даному етапі розвитку надрокористування в Україні, значну і важливу частку займають створення та погодження в державних органах проектної документації на проведення тих чи інших видів геологічного вивчення ділянок, площ чи родовищ. За 33 роки діяльності ДКЗ України з прийняття рішень щодо кількості, якості та ступеня вивченості запасів розвіданих родовищ корисних копалин і стану підготовленості їх до промислового освоєння. Фахівцями постійно проводиться та ініціюється вдосконалення нормативних документів, інструкцій, методичних вказівок, створення доповнень до діючих, а також оновлення нормативно-правової бази для покращення якості робіт, достовірності оцінки, відповідності міжнародним стандартам, з метою розробки моніторингу мінерально-сировинної бази України. Основним нормативно-правовим документом з оформлення ГЕО наразі є регламент подання на розгляд до ДКЗ України матеріалів ГЕО запасів нафти, газу і супутніх компонентів,

вимоги до їх оформлення та змісту, який затверджено Постановою Кабінету Міністрів України від 25 червня 2020 року № 614 [1]. Цей нормативний документ має деякі відмінності від раніше діючої інструкції про зміст, оформлення та порядок подання в ДКЗ України матеріалів ГЕО родовищ нафти і газу від 18 жовтня 1999 року [2]. Звіт з ГЕО є типовим з геологічного вивчення та має державний стандарт з оформлення ДСТУ-4068-2002 [3]. Для окремих частин ГЕО і для обґрунтування підрахункових параметрів є багато інших нормативно-правових актів. Однак автори ГЕО часто не використовують в повному обсязі рекомендації діючих інструкцій, регламентів, що відповідно обумовлює суттєві зауваження щодо якості представлених матеріалів.

Аналізуючи зауваження експертних заключень до звітів за останні 6 років роботи експертом ДКЗ та з власного багаторічного досвіду виконання ГЕО зроблена спроба узагальнити деякі основні упущення щодо змісту і оформлення.

Розділи ГЕО запасів складаються з узагальнень вивчення геологічної будови та проведення всіх видів геологорозвідувальних робіт від початку проведення регіональних тематичних досліджень, складання проекту пошуків, з врахуванням пошуково-розвідувального етапу, пробної експлуатації, дослідно-промислової розробки, власне експлуатації родовища, його розробки в часі та прогнозування подальшого видобутку, а також техніко-економічної частини. В ГЕО проводиться аналіз якісних і кількісних показників мінеральної сировини у надрах, гідрогеологічних, інженерно-геологічних умов залягання, технологічних властивостей, а також визначення кондицій для підрахунку запасів корисних копалин. Даний перелік можна продовжувати, для висвітлення кожного питання подається окремий розділ текстової частини.

Звіт з ГЕО запасів можна поділити на текстову частину (розділи ГЕО і ТЕО), табличні додатки, текстові додатки та графічні додатки. Автори при формуванні звіту окремо формують книги та папки з графічними додатками до нього. Згідно п. III Регламенту. (Загальні вимоги до оформлення матеріалів ГЕО) рекомендований об’єм текстової частини звіту ГЕО має становити до 250 сторінок [1]. Очевидно ця вимога не враховує всіх особливостей оформлення ГЕО, яке переважно складається мінімум з двох-трьох книг, а це обсяг понад 600 сторінок.

Основними аспектами до фахового написання пояснюючої записки звіту є обов’язкове дотримання регламенту [1]. Водночас автори не рідко пропускають суттєву інформацію до звіту, у вступі іноді не вказують відомості про виконання рекомендацій ДКЗ, що прописані в протоколах попереднього розгляду звіту. В загальних відомостях про родовище автори неналежно висвітлюють дані про родовища, що перебувають у розробці; про рік введення їх у розробку та перелік пластів (покладів), що розробляються. У описі геологічної будови опускають перелік продуктивних пластів, їх індексацію, межі коливання товщин, оцінку ступеня їх витриманості і будови продуктивного пласта, загальні просторові закономірності зміни товщини та будови пластів, положення і розміри зон їх заміщення та вклинювання. При формування опису тектонічних особливостей не наводять порівняння попередніх даних про будову родовища і додатково одержаних при розробці та дорозвідці, а також не аналізують установлені розбіжності. Описуючи методику та результати геологорозвідувальних робіт при повторному ГЕО автори не звертають належну увагу на обґрунтування змін до геолого-промислової оцінки родовища, а також рідко проводять порівняльний аналіз обсягів геолого-промислових, геофізичних і лабораторних досліджень (виконаних на родовищі) з обсягами, рекомендованими в проєктах геологорозвідувальних робіт. У нафтогазоносності, рідко хто з авторів звертає увагу на оцінку перспективних ресурсів нафти, газу і конденсату у відкладах нерозкритої частини розрізу, що здійснюється за аналогією із сусідніми родовищами, в яких ці відклади вивчені на основі аналізу умов формування родовищ нафти і газу в межах даної структурно-фаціальної зони; щодо гідрогеологічних особливостей рідко хто вивчає характеристику законтурної зони продуктивних горизонтів (пластів) за матеріалами розвідки, а також інформацію про можливість

використання супутніх підземних вод для теплоенергетичних, бальнеологічних цілей, а також для питного і технічного водопостачання та визначення вимог кондицій для оцінки їх запасів.

Вищезазначений перелік недоробок можна продовжувати, для кожного конкретного звіту від буде індивідуальним. Але якщо спрогнозувати, що звіти з ГЕО в майбутньому будуть ″вивчати″ новітні програмні продукти із застосуванням ШІ, де кожне слово сприйматиметься як артефакт, вважаю доцільним подавати інформацію виключно з ретельним дотриманням підпунктів нового регламенту [1] та обов'язково дотримуватись відповідності представлення результатів робіт в часі геологічного вивчення того чи іншого геологічного об'єкту.

Аналізуючи оформлення графічних додатків, як автор ГЕО та геолог, вважаю недоліком відсутність просторової площинної ув'язки регіонального плану виконання тих чи інших структурно-тектонічних побудов, а також узагальнення щодо нафтогазоносності розташованих поруч ділянок, площ чи родовищ. Звернемо увагу, що деякі автори при подачі геологічної інформації просто вміщують геологічні побудови в певні ″рамки″, не представивши навіть всі виконані побудови. Це утруднює експертизу, а іноді й унеможливлює її. При перевірці часто потрапляють в текст звіту викопіювання карт попередніх досліджень, часто навіть підписаних російською мовою, що є некоректним. На копіях карт не рідко відсутні масштаб, відомості про авторів і рік дослідження, а по тексту просто згадується, що у фундаменті виділено підняття чи сідловина. Закономірно виникає сумнів, чи ці поверхні будували автори у моделі, чи це просто дані для кількості. Ці викопіровки в більшості подаються без умовних позначень, їх якість низька, а деякі фрагменти рисунків просто нечитабельні. Наявні окремі технічні зауваження щодо карт з візуалізації 3D досліджень. Зокрема, назви не відповідають прийнятим у звіті скороченням, до номеру свердловин назва прописана латиницею; підписи не за стандартом, а саме не в напрямку залягання порід; яскрава заливка при інтерполяції, що важко для читання, інколи взагалі відсутні підписи та з геологічним розрізом без нанесеної лінії його розташування.

Щодо якості графічних додатків до ГЕО, то в теперішній час вона значно покращилася. Від креслення графічних додатків тушшю і представлення на кальці, всі додатки і графічні побудови виконуються за допомогою відповідного сучасного програмного забезпечення. Переважно для кожної роботи розроблені окремі умовні позначення тих чи інших елементів на структурних картах, підрахункових планах, спеціальних картах параметрів, геологічних розрізах, схемах кореляції і випробування, діаграмах ГДС. Хотілося б єдиного підходу, але розуміючи обмеженість тих чи інших програмних продуктів, чи стандартних вбудованих позначень тих чи інших шрифтів, така невідповідність буде мати місце у всіх виконавців.

Текстові додатки до звіту – один із основних матеріалів ГЕО, де є вся первинна геолого-промислова інформація. Обсяг представлення матеріалів по окремих свердловинах досить різний. До прикладу, в одному з перевірених звітів по свердловині авторами представлена окрема книга обсягом понад 200 аркушів, де половину займають первинні матеріали дослідження, вивчення, прив'язки і обробки кернового матеріалу, і навіть окремі звіти виконання тих чи інших досліджень зразків керна. Однак, згідно з регламентом [1], слід додавати тільки опис керна продуктивних горизонтів (пластів), а також порід, що залягають в інтервалі на 10-15 м вище і нижче кожного продуктивного горизонту. Відповідно постає не риторичне запитання: скільки на родовищі пробурено свердловин, стільки буде подано книг? Додамо, що багато фактичного матеріалу радянського періоду російськомовні. Згідно ДСТУ4068-2002 [3] до оригіналів документів має надаватись їх переклад. Авторам для оформлення звіту в такому разі потрібно залучати фахівців з перекладу раніше створених російською мовою первинних геолого-промислових матеріалів: описів, актів, заключень, довідок, аналізів і інших результатів представлення інформації, які автори враховували при складанні ГЕО.

Виявленим типовим недоліком є представлення метрологічного висновку до звіту. Його слід подавити за вимогою ДСТУ4068-2002, де чітко прописано з чого він має складатись. Однак здебільшого автори просто пишуть, що метрологічній експертизі звіт не підлягає. Тоді постає багато питань, як автори перевіряли фізичні величини тих чи інших замірів і визначень, відповідність методики дослідження державним стандартам, де проводились заміри чи враховані похибки і інше.

Варто звернути також увагу на різносторонні підходи представлення та подачі інформації узагальнення результатів усіх видів досліджень по ГЕО у табличній формі. Бажано б розробити типові форми щодо подачі узагальнених даних, які були б легкодоступні для перевірки. Більшість табличного матеріалу до ГЕО авторами формується за допомогою формату таблиць Excel і вони мали б також долучатись до експертних матеріалів для прискорення перевірки даних і приведених розрахунків. Додатково до експертизи мали б додаватися дані додатково створених 3D моделей, за якими автори також оцінюють запаси, відтворюють історію розробки та проектують подальші роботи з надрокористування.

Список використаних джерел:

1. Регламент подання на розгляд до Державної комісії України по запасах корисних копалин матеріалів геолого-економічної оцінки запасів нафти, газу і супутніх компонентів, вимоги до їх оформлення та змісту. –Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України 02 жовтня 2020 року № 170. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 18 листопада 2020 р. за № 1145/35428.

2. Інструкція про зміст, оформлення та порядок подання в ДКЗ України матеріалів геолого-економічної оцінки родовищ нафти і газу. – Наказ ДКЗ України по запасах корисних копалин (ДКЗ України) при Комітеті України з питань геології та використання надр від 18 жовтня 1999 року №120. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 10 грудня 1999 р. за № 853/4146.

3. ДСТУ4068-20002. Документація. Звіт про геологічне вивчення надр. Загальні вимоги до побудови, оформлення та змісту.

УДК 553.9

ПОТЕНЦІАЛ ЗАПАСІВ ГАЗУ ПРИРОДНОГО З НЕВИЗНАЧЕНИМ ПРОМИСЛОВИМ ЗНАЧЕННЯМ ДЛЯ НАРОЩУВАННЯ РЕСУРСНОЇ БАЗИ ГАЗОВИДОБУТКУ

Паюк С.О., *golova@dkz.gov.ua;* ***Сімаченко Г.В.,*** *simachenko_ganna@ukr.net;*
Гоцинець О.В., *vassanova@dkz.gov.ua,*
Державна комісія України по запасах корисних копалин, Київ, Україна

Не зважаючи на повномасштабну війну, яка триває понад три роки, державні та приватні видобувні підприємства нарощують видобуток вуглеводнів. Станом на 01.01.2025 р. балансові запаси газу виснажені на 77,0 %. Державним балансом станом на 01.01.2025 р. обліковуються попередньо-розвідані запаси з невизначеним промисловим значенням (коду класу 332), що лише в 2 рази менше від усіх балансових запасів і які не залучені до розробки. Для їх залучення у розробку рекомендовано при проведенні ГЕО виконувати техніко-економічні розрахунки і в разі позитивного результату – переведення таких запасів до балансових попередньо розвіданих. З 2022 р. застосовуються нові методичні підходи до класифікації запасів вуглеводнів, віднесених раніше до попередньо розвідних коду класу 332 з метою залучення їх до розробки. Таким чином, це сприятиме нарощуванню мінерально-сировинної бази та забезпеченню України власним видобутком вуглеводнів.

POTENTIAL OF NATURAL GAS RESERVES WITH UNCERTAIN COMMERCIAL SIGNIFICANCE FOR THE GAS PRODUCTION RESOURCE BASE INCREASE

Paiuk S., *golova@dkz.gov.ua;* ***Simachenko H.,*** *simachenko_ganna@ukr.net;*
Hotsynets O., *vassanova@dkz.gov.ua,*
State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine

Despite the full-scale war that has been going on for over three years, state-owned and private mining companies are increasing their hydrocarbon production. As of 1 January 2025, the balance gas reserves are depleted by 77.0 %. Preliminary explored reserves of uncertain commercial significance (class code 332), which are only 2 times less than all balance reserves and which are not being developed, are accounted for by the State Balance as of 1 January 2025. To commence their development, it is recommended to perform feasibility studies during the GEA and, in case of a positive outcome, transfer such reserves to balance preliminary explored reserves. Since 2022, new methodological approaches have been applied to the classification of hydrocarbon reserves previously classified as preliminary explored reserves of class code 332 in order to commence their development. This will facilitate the mineral raw material base expansion and ensure Ukraine's domestic hydrocarbon production.

Вступ. Станом на 01.01.2025 за ступенем промислового освоєння із 489 родовищ газу природного, облікованих Державним балансом корисних копалин, 317 знаходяться в промисловій розробці з балансовими запасами 576,3 млрд м^3 (87,55 % від загальних запасів України). Позабалансові та умовнобалансові запаси становлять 11,5 млрд м^3, з невизначеним промисловим значенням – 232,8 млрд м^3 [1].

У групі підготовлених до промислового освоєння враховано 22 родовища газу природного з балансовими запасами 9,0 млрд м^3 (1,37 % від загальних запасів України), позабалансовими – 0,1 млрд м^3, з невизначеним промисловим значенням – 11,7 млрд м^3.

У групі родовищ, що розвідуються, враховано 93 родовища газу природного з балансовими запасами 44,9 млрд м^3 (6,82 % від загальних запасів України), позабалансові – 0,05 млрд м^3, з невизначеним промисловим значенням – 119,6 млрд м^3.

У групі законсервованих родовищ (незалучених до надрокористування) обліковується 55 родовищ з балансовими запасами 28,0 млрд м^3 (4,26 % від загальних запасів України), позабалансові – 0,4 млрд м^3, з невизначеним промисловим значенням – 13,1 млрд м^3.

Борзовське та Наташинське родовища знаходяться в групі законсервованих із позабалансовими запасами в кількості 0,2 млрд м^3.

Отже, частка запасів з невизначеним промисловим значенням коду класу 332 складає 28,3 % запасів родовищ, що знаходяться в промисловій розробці, 56,1 % – запасів родовищ, підготовлених до промислового освоєння та 72,7 % – запасів родовищ, що розвідуються.

Всього, станом на 01.01.2025 року Державним балансом обліковані балансові запаси газу природного (розвідані та попередньо розвідані кодів класів 111+121+122) складають 658 272 млн м^3, позабалансові та умовнобалансові – 12238 млн м^3, з невизначеним промисловим значенням (коду класу 332) – 377 261 млрд м^3 (таблиця 1).

Таблиця 1. Запаси газу природного станом на 01.01.2025, млн м^3 [1]

Адміністративна область, АР Крим	Кількість родовищ	Балансові запаси станом на 01.01.2025 р.				Позабалансові та умовнобалансові	З невизначеним промисловим значенням (коду класу 332)
		Всього	у т. ч за кодами класів:				
			111	121	122		
Східний регіон							
Всього	***303***	***497 764****	***252 825***	***145 558***	***99 381****	***9042***	***286 857****
Західний регіон							
Всього	***143***	***93 926***	***39 619***	***4178***	***20129***	***2954***	***64 428***
Південний регіон							
Всього	***43***	***66 582***	***13 302***	***699***	***52 581***	***242***	***25 976***
Разом по Україні	**489**	**658 272***	**305 746**	**150 435**	**202 091***	**12 238**	**377 261***

** – у т.ч газ центрально-басейнового типу у кількості 1002 млн м^3 (коду класу 122) та 96989 млн м^3 (коду класу 332).*

Станом на 01.01.2025 р. балансові запаси газу природного виснажені на 77 %.

Протягом 2016-2018 рр. щорічний видобуток газу природного зростав, а з 2019 по 2022 роки – скорочувався (рис. 1). При цьому обсяги попередньо розвіданих запасів з невизначеним промисловим значенням класу 332 постійно збільшувались (рис. 2) [1].

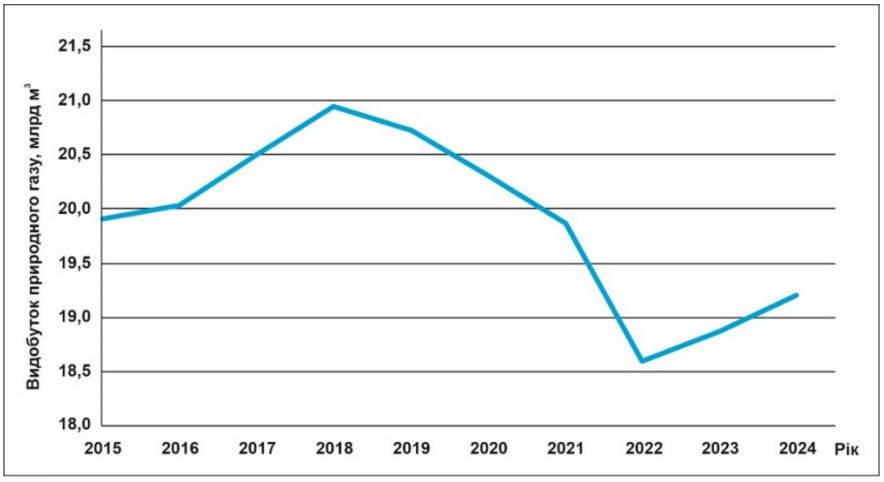


Рис. 1. Видобуток газу природного в Україні за період 2015-2024 рр. [1]

У 2022 р. видобуток газу природного істотно знизився у зв'язку з повномасштабним вторгненням росії. Однак протягом 2023-2024 рр. видобувні компанії змогли забезпечити збільшення обсягів видобутку газу, передусім державні.

Згідно з розрахунками річний обсяг видобутку газу природного становить 6 % від розвіданих запасів класу 111 або майже 3 % від балансових запасів класів 111+121+122.

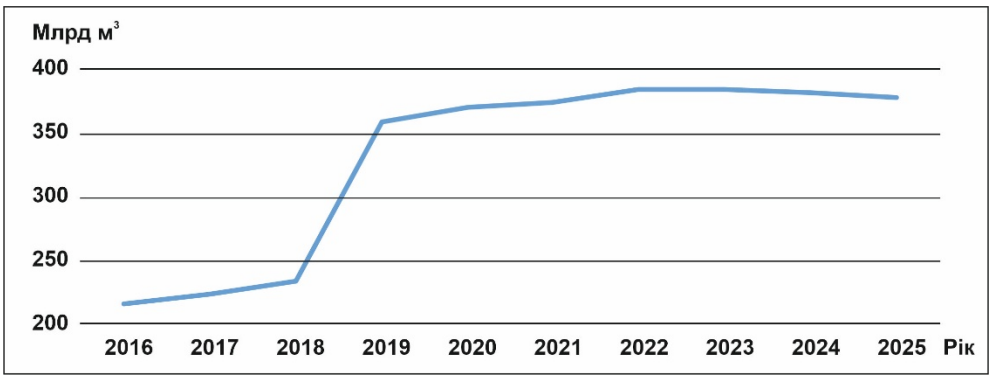


Рис. 2. Обсяги запасів газу природного з невизначеним промисловим значенням класу 332 [1]

Як видно з рис. 3, станом на 01.01.2025 р. обсяг попередньо розвіданих запасів газу природного з невизначеним промисловим значенням класу 332 складає 29 % від загальних запасів, облікованих Держбалансом – найбільше від усіх запасів за кодами класів.



Рис. 3. Співвідношення запасів газу природного за кодами класів станом на 01.01.2025 р. [1]

Така ситуація пов’язана з тим, що до запасів з невизначеним промисловим значенням класу 332 відносили запаси покладів, наявність яких передбачалась на підставі висновку за результатами геофізичних досліджень свердловин (ГДС) у пробурених, але не випробуваних свердловинах, сприятливих геологічних і геофізичних даних в окремих нерозвіданих полях, тектонічних блоках і пластах вивчених родовищ, а також запаси нових нафтогазоперспективних структур (у межах відомих нафтогазоносних районів), оконтурених перевіреними для даного району методами геологічних і геофізичних досліджень, що дозволялось п. 1.8 Методичних рекомендацій з підрахунку запасів та оцінки ресурсів нафти та газу у надрах і їхньої класифікації [4] (далі – Методичні рекомендації).

Це призвело до того, що до запасів класу 332 були віднесені:

- запаси покладів, які невипробувані в свердловині, а його продуктивність встановлена лише за ГДС;
- запаси покладів за межами контуру 500 м від продуктивної свердловини;
- запаси покладів, де не отримано промислового припливу у випробуваних свердловинах;
- запаси покладів сусідніх структур тощо.

У 2020 р. наказ Державної комісії по запасах корисних копалин при Комітеті України з питань геології та використання надр від 18.10.1999 року № 120 «Про затвердження Інструкції про зміст, оформлення та порядок подання в ДКЗ України матеріалів геолого-економічної оцінки родовищ нафти і газу» втратив чинність, на заміну йому затверджений наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 02.10.2020 № 170

«Регламент подання на розгляд до Державної комісії України по запасах корисних копалин матеріалів геолого-економічної оцінки запасів нафти, газу і супутніх компонентів, вимоги до їх оформлення та змісту», який був зареєстрований в Міністерстві юстиції України 18.11.2020 р. за № 1145/35428 [5].

Іншим нормативним документом, який встановлює єдині для державного фонду надр України принципи підрахунку, геолого-економічної оцінки і державного обліку запасів корисних копалин згідно з рівнем їх промислового значення та ступенем геологічного і техніко-економічного вивчення, умови, що визначають підготовленість розвіданих родовищ корисних копалин до промислового освоєння, а також основні принципи кількісної оцінки ресурсів корисних копалин є Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр (далі – Класифікація) [3].

До запасів і ресурсів нафти та газу Класифікацію застосовують на підставі Інструкції із застосування Класифікації до геолого-економічного вивчення ресурсів перспективних ділянок та запасів родовищ нафти і газу (далі – Інструкція), якою здійснено адаптацію положень Класифікації до особливостей умов залягання і розробки нафтогазоносних об'єктів надр, їх геологічного вивчення та геолого-економічної оцінки [2].

За Регламентом попередньо розвідані запаси оцінюються вище нижньої границі встановленої продуктивності (НГВП), а нижче рівня НГВП – оцінюються ресурси покладів вуглеводнів. НГВП визначається по підошві нижнього продуктивного прошарку, охопленого отворами перфорації.

Іншим важливим чинником є те, що поки не відомий тип флюїду в пласті оцінювати запаси того чи іншого виду вуглеводнів передчасно, що кореспондується з вимогами інших класифікаційних систем, зокрема PRMS.

Отже, на сьогодні Методичні рекомендації в окремих аспектах суперечать Інструкції і Класифікації та потребують внесення змін, у т.ч в частині геолого-економічної оцінки попередньо розвіданих запасів з невизначеним промисловим значенням коду класу 332.

З 2022 р. застосовуються нові методичні підходи до класифікації запасів вуглеводнів, які раніше відносились до попередньо розвіданих з невизначеним промисловим значенням класу до 332.

Згідно з ними:

1. Якщо при випробуванні у свердловині на той чи інший поклад, не отримано припливу, тобто на цьому етапі не можливо встановити його тип, то запаси у межах виявлених контурів такого покладу відносяться до перспективних ресурсів класу 333 (рис. 4).

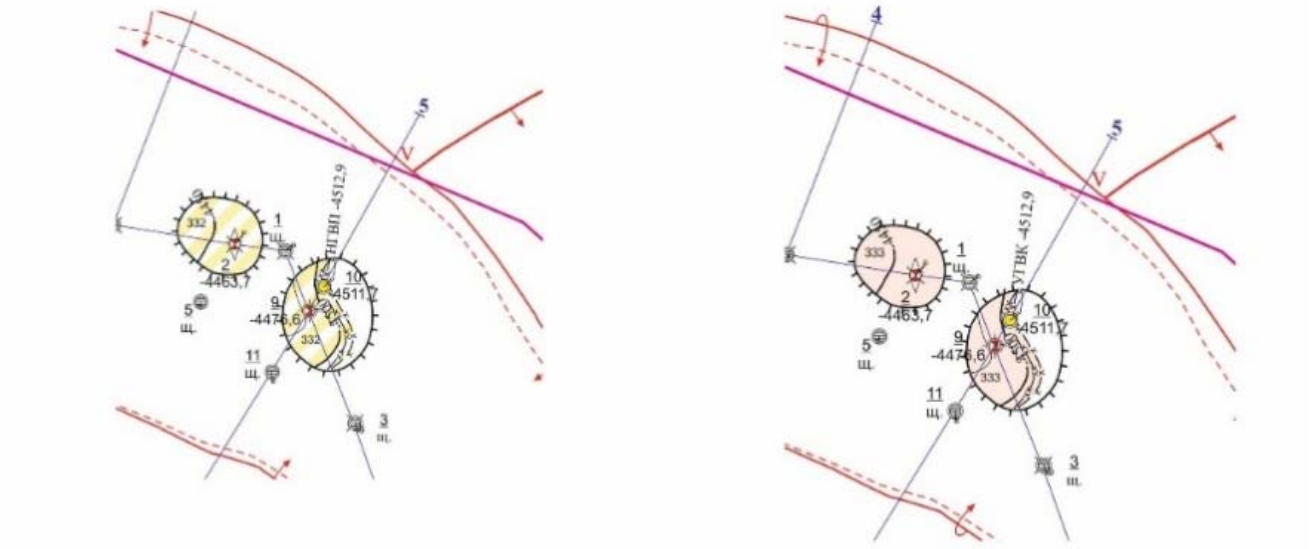


Рис. 4. Обґрунтування віднесення попередньо розвіданих запасів коду класу 332 до перспективних ресурсів коду класу 333

2. Якщо при випробуванні в свердловині, отримано непромисловий приплив вуглеводнів, що унеможливлює виконання розрахунку показників розробки та, відповідно, економічних показників, то запаси у межах виявлених контурів такого покладу слід відносити до класу 332 (рис. 5).

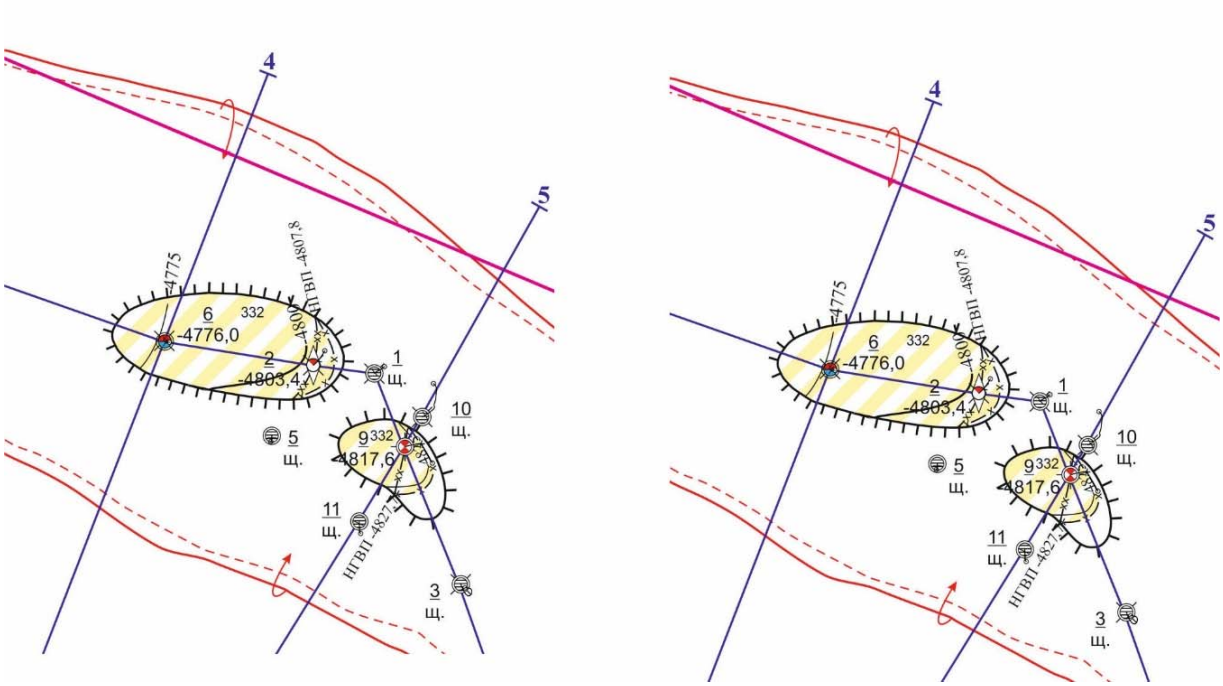


Рис. 5. Обґрунтування віднесення запасів покладу до попередньо розвіданих з невизначеним промисловим значенням коду класу 332

3. Якщо запаси випробувані в окремій свердловині та отриманий промисловий приплив вуглеводнів, тобто встановлений його тип та визначена методика його розробки, а отже можна виконати техніко-економічні розрахунки для їх залучення в розробку, то виконуються відповідні розрахунки. У цьому разі виникають 2 випадки:

– якщо запаси, випробувані в окремій свердловині, розробка яких згідно з техніко-економічними розрахунками економічно доцільна, то такі запаси згідно з класифікацією відносять до класу 122 (рис. 6);

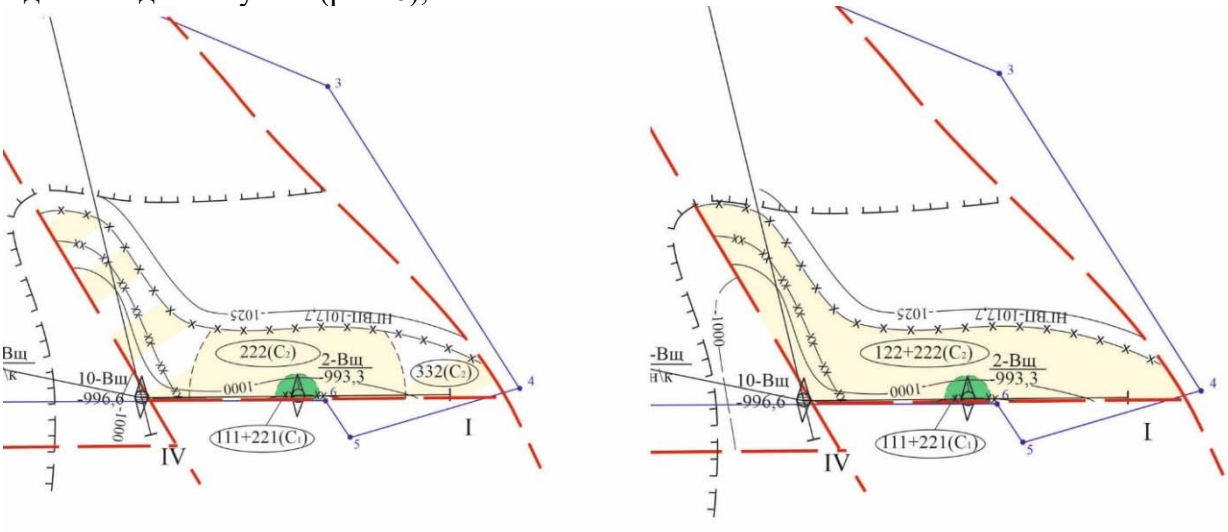


Рис. 6. Обґрунтування віднесення попередньо розвіданих запасів коду класу 332 до попередньо розвіданих запасів кодів класів 122+222

- у випадку якщо розробка запасів покладу згідно з техніко-економічними розрахунками економічно недоцільна, але в майбутньому вони можуть стати об’єктом

промислового значення за умови зростання ціни вуглеводнів на ринку або освоєння нових технологій видобутку нафти і газу, такі запаси згідно з класифікацією відносять до позабалансових класу 222 (рис. 7).

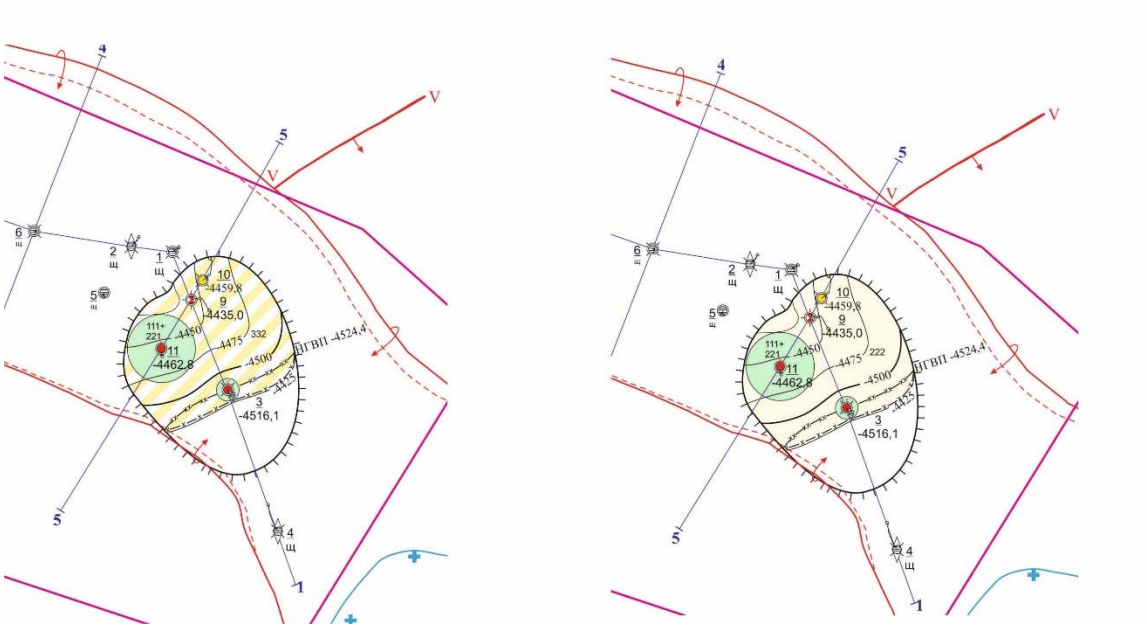


Рис. 7. Обґрунтування віднесення попередньо розвіданих запасів коду класу 332 до позабалансових запасів коду класу 222

Висновки. Зміна методичних підходів дозволяє в запасах, які раніше відносились до класу 332, виділити доволі значну частину попередньо розвіданих запасів, які згідно з техніко-економічними розрахунками можуть бути віднесені до балансових запасів.

Приділення належної уваги запасам, що обліковані Державним балансом як 332 дозволить залучити їх до розробки, що позитивно вплине на обсяги видобутку газу природного в Україні. Залучення до розробки навіть 30 % від запасів 332 (що складає понад 113 млрд м^3 газу природного) дозволить додатково видобувати близько 3,2 млрд м^3 газу щорічно при сучасних темпах відбору балансових запасів.

Список використаних джерел:

1. Державний баланс корисних копалин (Газ природний) за 2016-2025 рр. ДНВП «Геоінформ України». м. Київ.

2. Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до геолого-економічного вивчення ресурсів перспективних ділянок та запасів родовищ нафти і газу. *Наказ Державної комісії України по запасах корисних копалин при державному комітеті України по геології і використанню надр № 46 від 10.07.1998.* Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 24.07.1998 р. за № 475/2915. м. Київ. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0475-98#Text

3. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр. *Постанова Кабінету Міністрів України від 05.05.1997 р. № 432.* м. Київ. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/432-97-%D0%BF#Text

4. Методичні вказівки з підрахунку запасів та оцінки ресурсів нафти та газу у надрах і їхньої класифікації. *Наказ Державної комісії України по запасах корисних копалин від 29.12.2016 № 775.* Режим доступу: https://dkz.gov.ua/ua/diyalnist/normativno-pravova-baza

5. Про затвердження Регламенту подання на розгляд до Державної комісії України по запасах корисних копалин матеріалів геолого-економічної оцінки запасів нафти, газу і супутніх компонентів, вимоги до їх оформлення та змісту. *Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 02.10.2020 № 170.* Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 18.11.2020 р. за № 1145/35428. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1145-20#Text]

УДК 552.1:552.8

ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ КОЕФІЦІЄНТА ЕФЕКТИВНОЇ ПОРИСТОСТІ В УЩІЛЬНЕНИХ КОЛЕКТОРАХ ЗА ДАНИМИ АКУСТИЧНОГО МЕТОДУ КАРОТАЖУ

Кашуба Г.О.[1], *hrygorii.kashuba@ugv.com.ua;*
Башкіров Г.Л.[2], *heorhii.bashkirov@ugv.com.ua;*
Жигинас Т.Г., *ziginastana@gmail.com;*
Кашуба О.Г.[3], *olesrolop@gmail.com;*
1 – АТ «Укргазвидобування», Київ, Україна,
2 – Київське відділення УкрНДІгазу АТ«Укргазвидобування», Київ, Україна,
3 – Київський національний університет імені Тараса Шевченко, Київ, Україна

При інтерпретації даних геофізичних досліджень у свердловинах (ГДС), а особливо при дослідженні ущільнених колекторів, виникає необхідність визначення окремих параметрів, які є визначальними при віднесенні таких колекторів до промислово-продуктивних, або малоперспективних (ущільнених). До таких параметрів належать: кількість зв'язаної води і величина ефективної пористості. Вони є вкрай важливими при визначені інтервалів, що підлягатимуть інтенсифікації припливу пластових флюїдів, а також для створення геолого-акустичної моделі при кількісній інтерпретації даних сейсморозвідки. Визначення коефіцієнтів зв'язаної води та ефективної пористості проводиться на основі розробленої нами геоакустичної моделі колектора, який містить воду трьох типів (вільну, рихло-міцнозв'язану, адсорбовану на глинистих частках).

DETERMINATION OF EFFECTIVE POROSITY VALUE IN TIGHT RESERVOIRS USING ACOUSTIC LOGGING METHOD

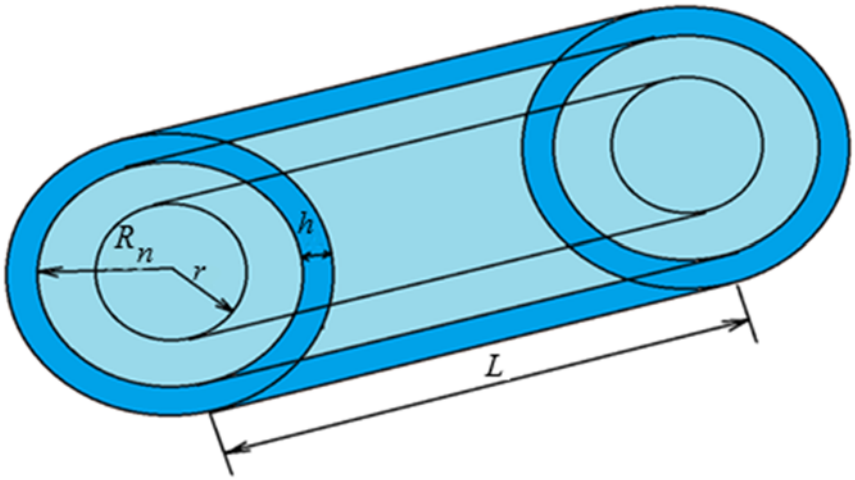
Kashuba H.[1], *hrygorii.kashuba@ugv.com.ua;*
Bashkirov H.[2], *heorhii.bashkirov@ugv.com.ua;*
Zhyhynas T., *ziginastana@gmail.com ;*
Kashuba O.[3], *olesrolop@gmail.com;*
1 – JSC Ukrgasvydobuvannya, Kyiv, Ukraine,
2 – Kyiv Department UkrNDIgas JSC Ukrgasvydobuvannya, Kyiv, Ukraine,
3 –Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

While interpreting well logging data, particularly when investigating tight reservoirs, there is a need to determine certain parameters that are instrumental for differentiating such reservoirs as commercial or low potential (tight). Such parameters are the amount of bound water and the effective porosity value. These parameters are extremely important for identifying intervals for inflow stimulation, as well as for building a geoacoustic model when performing quantitative interpretation of seismic data. Determination of the bound water ratio and the effective porosity is performed based on the geoacoustic reservoir model developed by us, which contains three types of bound water (free water, loosely/strongly bound water, adsorbed water on clay).

Вступ. Нарощування ресурсної бази вуглеводневої сировини є основною складовою енергетичної безпеки України. Зважаючи на значну виснаженість родовищ основних нафтогазоносних регіонів країни питання диверсифікації напрямів пошуково-розвідувальних робіт набуло особливої актуальності. Зазначаємо, що низькопроникні, низькопористі гірські породи складають значну частину продуктивних комплексів нафтогазоносних регіонів України. Основні дослідження зосереджені на відкладах Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) як основного нафтогазоносного регіону України. Одна з головних задач – розробка та апробація методології з підготовки підрахункових параметрів за даними ГДС з урахуванням ущільнених колекторів для підрахунку запасів та ресурсів вуглеводнів (ВВ) об'ємним методом. Одним з головних параметрів ущільнених колекторів є коефіцієнт ефективної пористості, який пропонується визначати за даними акустичного каротажу (АК) на основі розробленої геоакустичної моделі, яка створена на основі капілярного представлення структури порового простору порід-колекторів, з урахуванням трьох видів пластової води (вільна, рихло-міцнозв'язана, адсорбована на глинистих частинках).

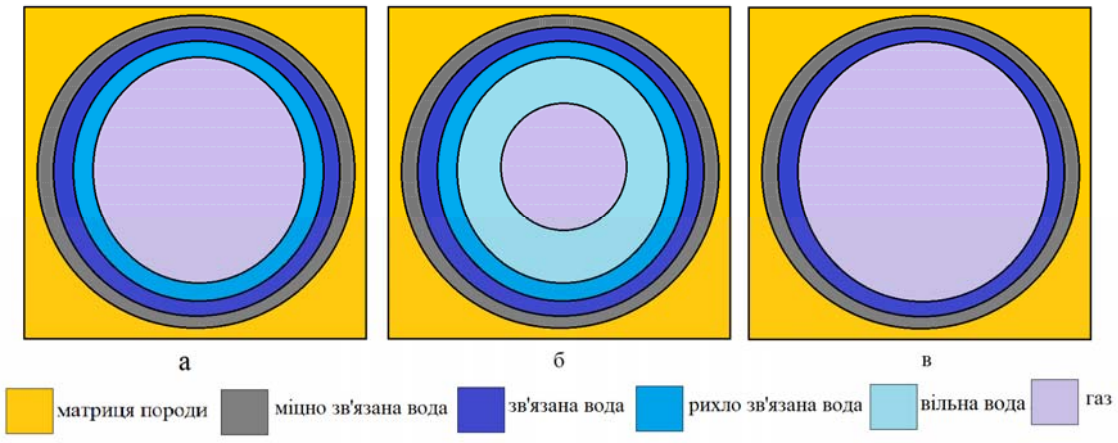
Моделювання. Порода-колектор складається із матриці, що представлена зернами осадового матеріалу, пустотного простору між ними, який кількісно характеризується

коефіцієнтом пористості ($К_п$) та системою капілярів, що утворюються пустотним простором (порами). Розглянемо проникність в газонасиченому колекторі, як таку, що визначається капіляром з радіусом $R_п$. Ілюстрація загальної моделі капіляра та його параметрів показана на рис. 1. Наповнення капіляра флюїдами, а саме модель стану флюїдів в капілярі газонасиченої породи представлена на рис. 2. Продуктивна (газонасичена) порода-колектор характеризується коефіцієнтом заповнення пор та капілярів вуглеводнями і, у кількісному відношенні доля заповнення порово-капілярного простору, виражається як коефіцієнт нафтогазонасичення ($К_{нг}$).



L – довжина капіляра;
h – товщина шару зв'язаної води (рихло- та міцнозв'язана);
R_n – радіус капіляра, що утворюється порами, через який може відбуватися рух флюїду;
r – гідравлічний радіус.

Рис. 1. Загальна модель капіляра



а – випадок, коли $К_{нг}$ граничне ($К_{нг}^{гр}$);
б – випадок, коли $К_{нг}$ менше граничного ($К_{нг} < К_{нг}^{гр}$);
в – випадок, коли $К_{нг}$ більше граничного ($К_{нг} > К_{нг}^{гр}$).

Рис. 2. Модель стану флюїдів в капілярі

Із представленої моделі породи-колектора очевидно, що її проникність, а отже практично всі геофізичні параметри (питомий електричний опір (ПЕО), інтервальний час розповсюдження поздовжньої хвилі (ΔT), інтенсивність вторинних ядерних полів і т.д.) напряму залежать від радіусу капіляра ($R_п$), що утворюється порами. Звичайно, що величина $R_п$ є умовно змінною і з точки зору проникності визначається гідравлічним радіусом (r) $r=R_п/2$. Згідно Іхеаначо [1], гідравлічний радіус r розраховується як:

$$r = \sqrt{\frac{K_{\text{пр}}}{K_{\text{п еф}}}}, \quad (1)$$

де $K_{\text{пр}}$ – коефіцієнт проникності, $\cdot 10^{-15}$м^2;

$K_{\text{п еф}}$ – ефективна пористість, ч.о..

На проникність неоднорідних глинистих пісковиків значною мірою впливає характер розподілу глин. Враховуючи, що в гірських породах наявні в різній мірі глинисті мінерали, для побудови більш стійких кореляційних залежностей Безродна [2], спираючись на K. Zahaf [3], врахувала об'ємну глинистість:

$$r = (1 - K_{\text{гл}}) \cdot \sqrt{\frac{K_{\text{пр}}}{K_{\text{п еф}}}}, \quad (2)$$

де $K_{\text{гл}}$ – коефіцієнт об'ємної глинистості;

Гідравлічний радіус, як відомо, дорівнює відношенню площі порового каналу до його периметру, а поверхню S (сумарну поверхню порових каналів) можна записати як один із варіантів формули Козені-Кармана, яка встановлює залежність коефіцієнта проникності від пористості та питомої поверхні:

$$S = \frac{K_{\text{п еф}} \cdot \sqrt{K_{\text{п еф}}}}{\sqrt{2 \cdot K_{\text{пр}}}}, \quad (3)$$

Згідно проведених нами досліджень [4, 5] для колекторів добуток граничних значень коефіцієнтів відкритої пористості ($K_{\text{п}}^{\text{гр}}$) та нафтогазонасиченості ($K_{\text{нг}}^{\text{гр}}$) є умовно постійною величиною для різних стратиграфічних відкладів (змінюється у дуже вузькому діапазоні $K_{\text{п}}^{\text{гр}} \cdot K_{\text{нг}}^{\text{гр}}$=0,05 ÷ 0,055). Добуток $K_{\text{п}}^{\text{гр}} \cdot K_{\text{нг}}^{\text{гр}}$ при граничному насичені є не що інше як коефіцієнт ефективної пористості ($K_{\text{п еф}}$). Назвемо цю величину "коефіцієнтом Кашуби" (K). Використання коефіцієнту K (середнє значення 0,0525) дає можливість розрахувати товщину шару зв'язаної води. Таким чином знаючи граничне значення коефіцієнта відкритої пористості для колекторів певного геологічного віку, розраховується граничне значення коефіцієнта нафтогазонасичення. Згідно із запропонованою моделлю капілярної проникності, весь об'єм ефективної пористості, при граничних значеннях, заповнений вуглеводневою фазою, а отже для цього випадку можна розрахувати, приймаючи граничну проникність в $1{,}0 \cdot 10^{-15}$ м^2, питому поверхню капіляра (S)(3), величини гідравлічного радіусу (r)(2), радіусу порового капіляра ($R_{\text{п}}=2 \cdot r$). Знаючи величину питомої поверхні та гідравлічного радіусу (r) не становить труднощів розрахувати об'єм шару зв'язаної води ($V_{\text{зв}}$) і довжину капіляру (L), що утворений порами:

$$V_{\text{зв}} = \frac{1}{8} \cdot \frac{\left(2 \cdot (1 - K_{\text{гл}}) \cdot \sqrt{\frac{K_{\text{пр}}}{K_{\text{п еф}}}} + h\right)^2 \cdot K_{\text{п еф}}^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{2}}{\sqrt{K_{\text{пр}}} \cdot (1 - K_{\text{гл}}) \cdot \sqrt{\frac{K_{\text{пр}}}{K_{\text{п еф}}}}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{(1 - K_{\text{гл}}) \cdot \sqrt{K_{\text{пр}}} \cdot \sqrt{K_{\text{п еф}}} \cdot \sqrt{2}}{\sqrt{\frac{K_{\text{пр}}}{K_{\text{п еф}}}}}, \quad (4)$$

$$L = \frac{1}{8} \cdot \frac{K_{\text{п еф}}^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{2}}{\sqrt{K_{\text{пр}}} \cdot \pi \cdot (1 - K_{\text{гл}}) \cdot \sqrt{\frac{K_{\text{пр}}}{K_{\text{п еф}}}}}, \quad (5)$$

Отже товщина шару зв'язаної води, враховуючи запропонований алгоритм, для умов граничних параметрів колекторів визначатиметься наступним чином:

$$h = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi \cdot r^2 - V_{\text{зв}}}{\pi \cdot L}} - 2 \cdot r. \quad (6)$$

На границі з твердою поверхнею (кварц, скелет породи-колектора) інтервальний час розповсюдження повздовжньої хвилі у воді ($\Delta T_{\text{зв}}$) прямує до інтервального часу у кварці

($\Delta T_{ск}$) і різко збільшується, при віддаленні від твердої поверхні, аж до значень інтервального часу у вільній воді ($\Delta T_{в}$). Зміна пружних властивостей зв'язаної води проходить різко – вже на перших нанометрах, тому зміна фізичних властивостей шару зв'язаної води по мірі віддалення від твердої поверхні буде відбуватися найбільш імовірно по логарифмічному закону, що відповідає фізичній реальності. Згідно літературних джерел [6], та ґрунтуючись на наших дослідженнях приймаємо логарифмічний закон зміни пружних властивостей шару зв'язаної води. На рис. 3 представлено сімейство змодельованих кривих зміни інтервального часу в шарі зв'язаної води ($\Delta T_{зв}$, мкс/м) у залежності від відстані від поверхні твердої фази (*f*, нм) та його товщини (*h,* нм – шифр кривих). Кожній кривій відповідає своя товщина шару зв'язаної води. Для визначення середнього інтервального часу в шарі зв'язаної води ($\Delta T_{зв}$) проводилось інтегрування відповідної функції в діапазоні товщини шару зв'язаної води. На рис. 4 представлено графік залежності середнього інтервального часу в шарі зв'язаної води ($\Delta T_{зв}$) в залежності від товщини шару (*h,* нм) (прийнято, що інтервальний час змінюється від 170 мкс/м до 650 мкс/м).

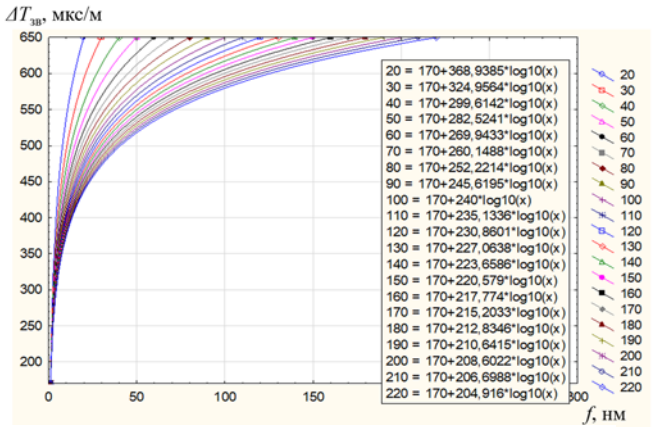


Рис. 3. Сімейство змодельованих кривих зміни інтервального часу в шарі зв'язаної води

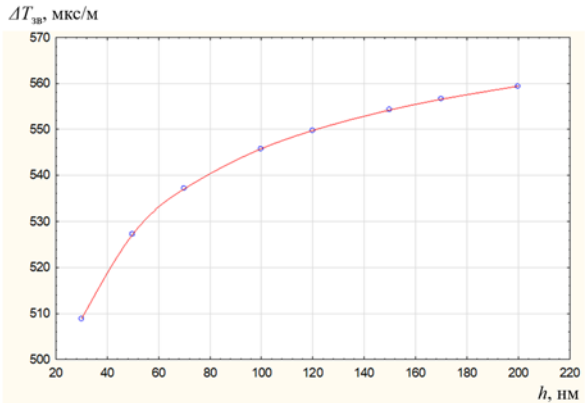


Рис. 4. Графік залежності середнього інтервального часу в шарі зв'язаної води від товщини шару

Даний підхід буде справедливим при умові, що порода-колектор у термінах геофізики є "чистою" (малоглинистою). Крім того зробимо сміливе припущення, що товщина шару зв'язаної води для "чистих" порід є постійною для конкретних досліджуваних відкладів. На користь цього слугує факт, що капілярні сили є набагато більшими за пластові тиски (енергія пласта), а адсорбційна здатність визначається основними породоутворюючими мінералами, склад яких для теригенних відкладів доволі схожий. Вирішенню даної проблеми буде присвячено окрему наукову працю, а на прикладі реальних обрахунків за даними комплексу ГДС, та співставленні змодельованих та фізично зареєстрованих кривих акустичного каротажу (АК), на прикінцевих положеннях статті показано правомірність таких висновків. Логічно, що при наявності у породі глинистої компоненти (зміна мінерального складу) товщина шару зв'язаної води буде збільшуватися пропорційно збільшенню глинистої компоненти.

Розглянемо породи, що вміщують глинисту компоненту. На основі відомого рівняння середнього часу загальний інтервальний час у зв'язаній воді глинистої компоненти, в скелеті глинистої компоненти, в мінеральній частині скелету породи, у зв'язаній та вільній воді можна записати як:

$$DT_{в\,гл} = K_{гл} \cdot W_{гл} \cdot \Delta T_{в\,гл}, \quad (7)$$

$$DT_{гл} = (K_{гл} - K_{гл} \cdot W_{гл}) \cdot \Delta T_{гл}, \quad (8)$$

$$DT_{ск} = \left(1 - K_{гл} - K_{гл} \cdot W_{гл} - \frac{DT - \Delta T_{ск}}{\Delta T_{в} - \Delta T_{ск}}\right) \cdot \Delta T_{ск}, \quad (9)$$

$$DT_{зв} = \left(\frac{DT - \Delta T_{ск}}{\Delta T_{в} - \Delta T_{ск}} - K_{гл} \cdot W_{гл} - K_{п\,еф}\right) \cdot \Delta T_{зв}, \quad (10)$$

$$DT_{в} = K_{п\,еф} \cdot \Delta T_{в}. \quad (11)$$

де: DT – загальний інтервальний час в породі, мкс/м;

$DT_{гл}$– загальний інтервальний час в мінеральній частині глинистої компоненти, мкс/м;

$DT_{зв}$ – загальний інтервальний час у зв'язаній воді;

$DT_{в}$ – загальний інтервальний час у вільній воді, мкс/м;

$DT_{ск}$ – загальний інтервальний час в мінеральному скелеті породи;

$\Delta T_{в\,гл}$ – інтервальний час у зв'язаній воді глинистої компоненти, мкс/м;

$\Delta T_{ск}$– інтервальний час в мінеральному скелеті породи, мкс/м;

$\Delta T_{зв}$ – інтервальний час в зв'язаній воді, мкс/м;

$\Delta T_{в\,гл}$ – інтервальний час у зв'язаній воді глинистої компоненти, мкс/м;

$\Delta T_{гл}$– інтервальний час в мінеральній частині глинистої компоненти, мкс/м;

$\Delta T_{в}$ – інтервальний час у вільній воді, мкс/м;

$W_{гл}$ – частка зв'язаної води глинистої компоненти, ч.о.

Загальний інтервальний час у водонасиченому колекторі можна записати як суму інтервальних часів компонентів моделі:

$$DT = DT_{в\,гл} + DT_{гл} + DT_{ск} + DT_{зв} + DT_{в}. \quad (12)$$

Враховуючи (7), (8), (9), (10), (11) можемо визначити коефіцієнт ефективної пористості:

$$K_{п\,еф} = \frac{W_{гл} \cdot K_{гл} \cdot \Delta T_{в} \cdot \Delta T_{зв} - W_{гл} \cdot K_{гл} \cdot \Delta T_{ск} \cdot \Delta T_{зв} - DT \cdot \Delta T_{зв} + \Delta T_{ск} \cdot \Delta T_{зв}}{\Delta T_{в}^{\,2} - \Delta T_{в} \cdot \Delta T_{зв} - \Delta T_{ск} \cdot \Delta T_{в} + \Delta T_{ск} \cdot \Delta T_{зв}} \quad (13)$$

В нафтогазоносній частині розрізу до буріння ефективна пористість буде заповнена вуглеводнями. Після буріння частина ефективної пористості, в результаті проникнення фільтрату бурового розчину, буде зайнята фільтратом бурового розчину, а частина лишиться заповнена вуглеводнями. Нехай частка залишкових вуглеводнів ($K_{гз}$) буде прийматися як частка від відкритої пористості ($K_{пв}$), тоді добуток $K_{гз} \cdot K_{пв}$ буде та частка відкритої пористості, що зайнята залишковими вуглеводнями (коефіцієнт нафтогазонасичення $K_{г}$).

Після проведення відповідних підстановок і нескладних перетворень, отримано вираз для ефективної пористості в нафтогазонасиченій частині розрізу:

$$K_{п\,еф} = \frac{1}{\Delta T_{в}^{\,2} - \Delta T_{в} \cdot \Delta T_{зв} - \Delta T_{ск} \cdot \Delta T_{в} + \Delta T_{ск} \cdot \Delta T_{зв}} \cdot (-K_{г} \cdot K_{пв} \cdot \Delta T_{гл} \cdot (\Delta T_{в} - \Delta T_{ск}) +$$
$$+K_{пв} \cdot K_{г} \cdot \Delta T_{в}^{\,2} - K_{пв} \cdot K_{г} \cdot \Delta T_{ск} \cdot \Delta T_{в} + W_{гл} \cdot K_{гл} \cdot \Delta T_{в} \cdot \Delta T_{зв} - W_{гл} \cdot K_{гл} \cdot \Delta T_{ск} \cdot \Delta T_{зв} -$$
$$-DT \cdot \Delta T_{зв} + \Delta T_{ск} \cdot \Delta T_{зв}). \quad (14)$$

Результати. Визначення ефективної пористості за даними ГДС і прогнозування інтервального часу в продуктивному розрізі, проводились у свердловинах ДДЗ та показано на прикладі однієї із свердловин Комишнянського родовища. Інтервальний час в мінеральному скелеті приймається як стала величина, що визначається графічно на графіку залежності інтервального часу від відкритої пористості (в точці $K_{пв} = 0$), або за загальноприйнятими даними для цих порід. Інтервальний час пробігу повздовжніх хвиль в мінеральній фазі глини і в адсорбованій воді глин, для глин різного мінералогічного складу наведено в табл. 1, згідно з даними С. Дж. Пірсона [6].

Водонасиченість глинистої фази ($W_{гл}$) приймається як стала константа або розраховується за даними нейтронного і акустичного каротажів, приймаючи до уваги глибину інтервалу досліджень. Інтервальний час повздовжньої хвилі у вільній пластовій воді ($\Delta T_{в}$) або задається як константа, або розраховується як функція від глибини (тиску і

температури), мінералізації. Інтервальний час повздовжньої хвилі в шарі зв'язаної води ($\Delta T_{зв}$) розраховується для конкретних відкладів в залежності від товщини шару зв'язаної води. Інтервальний час повздовжньої хвилі в газовій фазі ($\Delta T_г$) розраховується за формулою $\Delta T_г = 1{,}3 \cdot \Delta T_в$ [6].

Таблиця 1. Оцінки інтервального часу пробігу повздовжніх хвиль в твердій компоненті глини і в адсорбованій воді для глин різного мінералогічного складу

Глина	Каолініт	Гідрослюда	Монтморилоніт
Інтервальний час в глині, мкс / м	**213**	**238**	**270**
Інтервальний час в адсорбованій воді, мкс / м	**680**	**754**	**814**

На рис. 5 представлено геолого-геофізичний планшет по обраній свердловині, в якому наведено результати прогнозування ефективної пористості, ефективну пористість за даними ядерно-магнітного каротажу і результати моделювання інтервального часу в реальному розрізі.

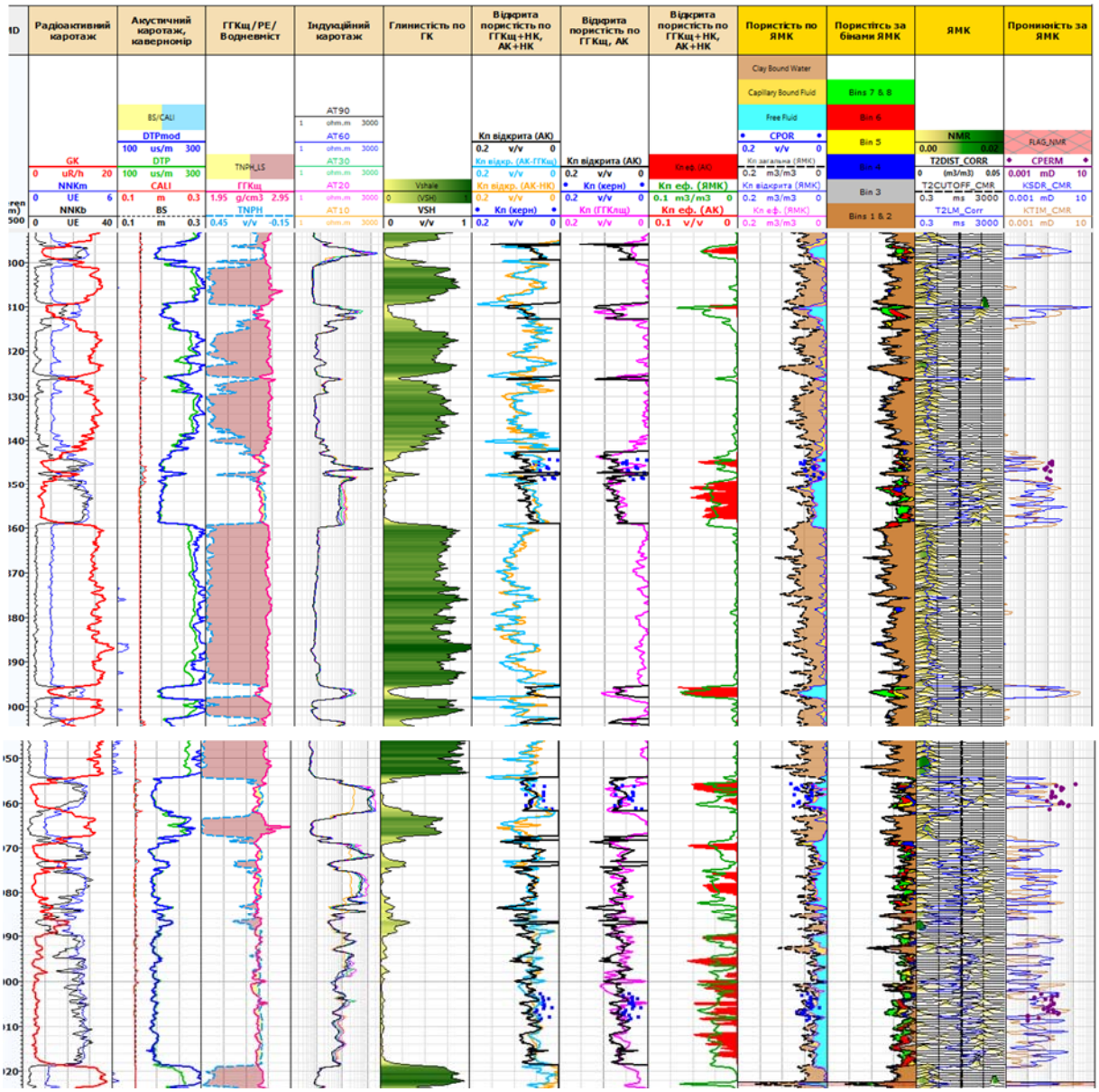


Рис. 5. Геолого-геофізичний планшет по обраній свердловині Комишнянського родовища

Висновки. Отримані результати моделювання показали досить непогану збіжність визначених коефіцієнтів ефективної пористості за даним АК та ЯМК як на пластах-колекторах, так і в заглинизованих зонах досліджуваного розрізу, що свідчить про застосовність запропонованих нами структурно-петрофізичних моделей. При підрахунку запасів вуглеводнів визначення величини ефективної пористості дасть можливість визначатися з інтервалами проведення інтенсифікаційних робіт в ущільнених пластах-колекторах і прогнозувати очікуваний дебіт.

Список використаних джерел:

1. Iheanacho P. Vertical-Horizontal Permeability Relationships for Sandstone Reservoirs / P. Iheanacho, D. Tiab, A. Igbokoyi. // SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition, 6-8 August, Lagos, Nigeria. – 2012. – No1. – C. 1–8.
2. І. М. Безродна, В. В. Антонюк, О. В. Олейник. Аналіз анізотропії фільтраційних та електричних властивостей теригенних порід-колекторів (на прикладі родовищ приосьової зони ДДЗ). Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, Серія «Геологія. Географія. Екологія», випуск 51.
3. Zahaf K. Vertical permeability from in situ horizontal measurements in shaly-sand reservoirs / K. Zahaf, D. Tiab. // Journal of Canadian Petroleum Technology. –2002. –No41.
4. Г.О. Кашуба, С.С. Куровець Визначення та основні петрофізичні параметри ущільненого колектора на прикладі Дніпровсько-Донецької. Геофізичний журнал (ISSN 0203-3100). 2025. Т. 47. № 2 С. 230—236.
5. Кашуба Г.О., Башкіров Г.Л. До питання з визначення граничних значень петрофізичних параметрів. Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. Матеріали дев'ятої між нар. наук.-практ. конф, 7—11 жовтня 2024 р., м. Львів. Київ: ДКЗ, 2024, С. 131—138.
6. Geologic Well Log Analysis by Pirson, Sylvain J. (1978) ISBN 10: 0872019012.

УДК 553.98

ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ НИЖНІХ МЕЖ ФІЛЬТРАЦІЙНО-ЄМНІСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ

Здерка Т.В., *к. геол. н., доцент, taras.zderka@ugv.com.ua,*
Яводчак М.І.*, mykola.yavodchak@ugv.com.ua,*
АТ «Укргазвидобування», Київ, Україна

Розглядається питання визначення нижніх меж фільтраційно-ємнісних властивостей порід-колекторів, як однієї з умов точного та обґрунтованого підрахунку запасів нафти і газу. Розглядаються методи встановлення нижніх значень колекторних властивостей продуктивних горизонтів. Запропоновано алгоритм визначення нижніх меж значень фільтраційно-ємнісних властивостей порід-колекторів.

ABOUT DETERMINATION OF THE LOWER LIMITS OF FILTRATION-CAPACITIVE PROPERTIES OF RESERVOIR ROCKS

Zderka T., *Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., taras.zderka@ugv.com.ua,*
Yavodchak M.*, mykola.yavodchak@ugv.com.ua,*
JSC "Ukrgazvydobuvannia", Kyiv, Ukraine

The attention is focused on the question of setting exposure limit values of filtration-capacitive properties of reservoir rocks as a prerequisite for precise and reasoned calculation of oil and gas reserves. We consider three limits (edges) parameters of reservoir rocks: absolute, bottom and conditional. We proposed the method of determining lower limits of the parameters of reservoir rocks and developed software for its implementation.

Вступ. Об’єктивне встановлення значень нижніх меж параметрів порід-колекторів (пористість, проникність, нафто-, газонасиченість) має важливе значення, оскільки дозволить підвищити достовірність визначення ефективної товщини, а також підрахунку загальних і видобувних запасів вуглеводнів.

При цьому, варто зазначити, що питання про нижні межі параметрів порід-колекторів є складним та недостатньо розробленим.

Виклад основного матеріалу. Нижня межа значень фільтраційно-ємнісних властивостей порід-колекторів продуктивних горизонтів промислового значення визначається переважно без проведення деталізаційних досліджень. Єдиної методики обґрунтування таких меж на сьогоднішній день не існує. Тому, підтримуючи думку багатьох дослідників вважаємо, що необхідно проводити визначення граничних параметрів фільтраційно-ємнісних властивостей експериментальним шляхом для кожного конкретного випадку.

Багато дослідників, справедливо відзначають, що причиною відсутності надійної методики обґрунтування нижньої межі колекторських властивостей продуктивних порід є недостатня точність в постановці завдання дослідження. Формулювання цього завдання можна представити таким чином:

1) встановлення визначального (граничного) критерію, за яким породи розділяють на колектори і неколектори;

2) встановлення відповідності між вибраним критерієм і граничними значеннями різних параметрів пласта, що відображає його літофізичні властивості.

Проведений аналіз способів визначення нижніх меж величин пористості і проникності нафтогазонасичених порід для підрахунку запасів, дав змогу систематизувати їх за двома напрямами:

– способи, що ґрунтуються на промислових показниках;

– способи, в основу яких покладена кореляція значень фільтраційно-ємніснних властивостей за результатами дослідження керну.

Назагал пропонується виділяти три граничних межі параметрів порід-колекторів – абсолютна, нижня і кондиційна. Проте для їхнього обґрунтування пропонується використовувати різні методичні підходи.

Під абсолютною межею розуміють мінімальне значення величин колекторних, фізичних і літолого-петрографічних властивостей, починаючи з яких в межах контуру нафтогазоносності в породах відмічаються ознаки нафти і газу.

Під нижньою – мінімальне значення величин фізичних параметрів, за яких фазова проникність для нафти або газу стане більше нуля, тобто порода набуває ознак колектора.

Під кондиційною – мінімальні значення величин фізичних властивостей порід-колекторів, за яких експлуатація свердловини при максимально допустимих технологічних показниках роботи буде економічно рентабельною.

Різниця між зазначеними межами порід-колекторів є принциповою, а отже застосування їх потребує глибокого аналізу. Крім цього, використання різних меж та способів їхнього обґрунтування зумовлює неможливість зіставлення останніх і їхнього порівняння по різних родовищах.

У процесі встановлення нижньої межі пористості зазвичай використовують зв'язок її з проникністю (рис. 1). Назагал функціонального зв'язку між відкритою пористістю і проникністю порід немає. Проте є чимало прикладів, коли залежність між двома величинами виражається статистичним кореляційним зв'язком, який справедливий для більшості, але не обов'язковий для всіх випадків. Це означає, що при кореляційному зв'язку кожному значенню одного параметра відповідає не одне, а декілька значень іншого параметра.

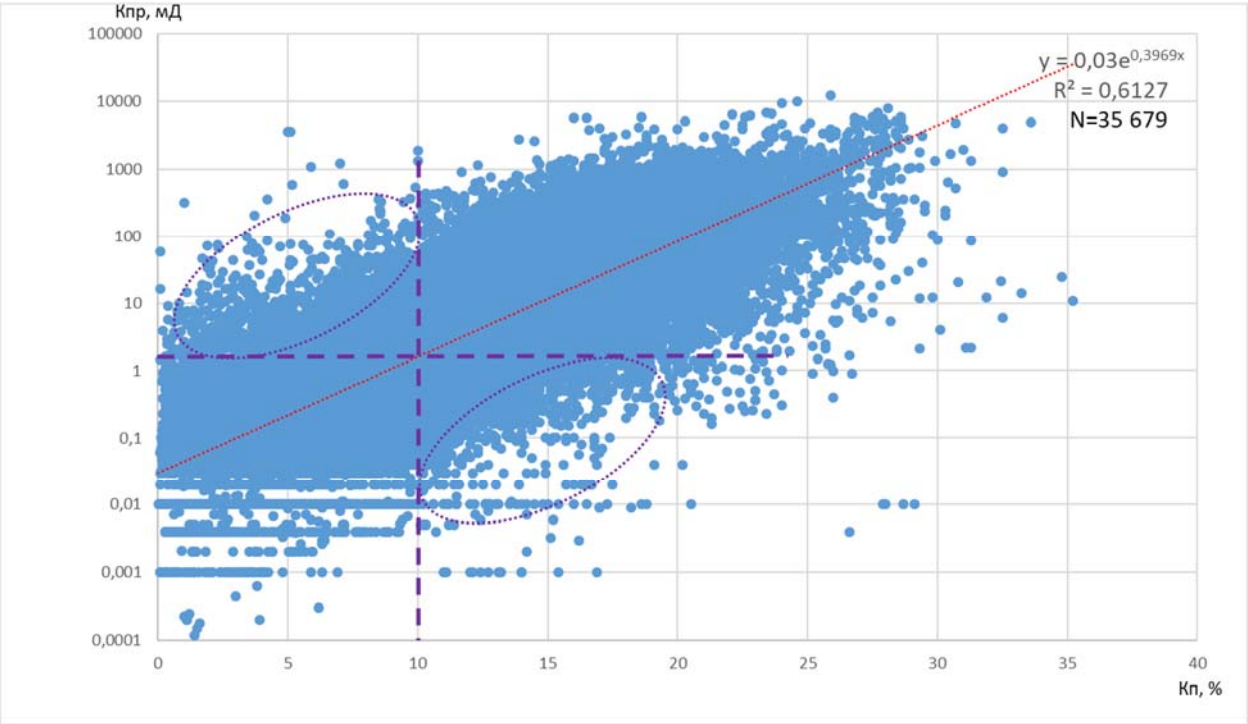


Рис. 1. Залежність відкритої пористості та проникності

Задаючись граничним значенням проникності, визначають відповідну йому на кореляційній залежності граничну величину пористості. Правильність визначеної таким способом нижньої границі пористості залежить перш за все від обґрунтованості нижньої межі проникності. Також слід зауважити, що зазвичай основна маса визначених результатів пористості та проникності на зразках керну знаходяться в області близькій до граничних, що особливо стосується складних колекторів.

Нижня межа проникності визначається за її кореляцією з відкритою та ефективною (динамічною) пористістю. За величиною ефективної (динамічної) пористості можна судити про присутність в даному літологічному різновиді рухомих флюїдів. Тому значення проникності, що відповідають ефективній (динамічній) пористості, яка близька до нуля, приймається за граничне. Потім із кореляційної залежності проникності та відкритої пористості за величиною граничної проникності визначається граничне значення відкритої

пористості. Також встановлюють залежність між коефіцієнтами відкритої пористості та ефективної (динамічної) пористості, яка зазвичай має лінійну форму.

Фактично описаний підхід рівноцінний знаходженню на кореляційних залежностях $К_п = f(К_{зв})$ і $К_{пр} = f(К_{зв})$ значень $К_п$ і $К_{пр}$, для яких $К_{зв}$ становить менше 1 (або 1–$К_{зн}$).

Поширеними є думки, що для обґрунтування граничних значень колекторних параметрів необхідно встановити такі кореляційні зв'язки: проникність–пористість, водонасиченість–проникність, проникність–глинистість і водонасичення–глинистість. Згідно такої методики пропонується виходячи із прийнятого мінімального значення проникності встановлювати за допомогою першої залежності мінімальне значення пористості порід-колекторів. За допомогою другої та третьої залежностей відповідно максимальні значення водонасичення та глинистості. Остання залежність необхідна для взаємокоригування встановлених значень водонасичення та глинистості.

Варто зазначити, що у процесі визначення ефективної пористості, по суті, враховується водонасичення та глинистість порід-колекторів, які визначають структуру пустотного простору. Тому, на нашу думку, не слід уводити додаткові показники граничних параметрів водонасичення та глинистості.

При цьому варто зазначити, що у випадку отримання граничного значення величини фільтраційно-ємнісних властивостей породи-колектора на статистичному рівні з розподілом вибірки на проникні і непроникні зразки, одночасне використання у якості граничних двох чи більше параметрів зумовить штучне заниження ефективної товщини.

З фізичної точки зору нафта, або газ може знаходитися у породі-колекторі як у рухомому, так і нерухомому стані, відрізняючись при цьому значенням фазової проникності. Для першого випадку фазова проникність є більшою від нуля, для другого – рівна нулю.

Таким чином для встановлення мінімальних величин фільтраційно-ємнісних властивостей порід-колекторів і їхнього насичення вони повинні бути прийняті такими, щоб фазова проникність була рівною нулю. На першому етапі найважливішим є визначення граничного значення пористості, яке зумовлює більшу від нуля фазову проникність нафти або газу. Визначення цього параметра має важливе значення, оскільки на його основі здійснюється розподіл порід перспективного розрізу на колектори і неколектори, а отже відбувається встановлення ефективних товщин.

Отже, найефективнішими параметрами, що визначають межу порода-колектор – неколектор є ефективна пористість та ефективна (фазова) проникність для нафти і газу, що є відмінними від нуля. На нашу думку, нижня межа пористості та проникності відповідає відмінному від нуля значенню ефективної (у більшій мірі динамічної) пористості та фазової проникності. Переважаюче значення має, власне, нижня межа проникності, оскільки саме проникність визначає здатність порід-колекторів до флюїдовіддачі.

З метою чисельної оцінки граничних значень колекторних параметрів порід пропонуємо використовувати статистичні залежності виду $y=F(x)+e$, де y - параметр, граничне значення якого оцінюється, x - незалежний параметр, на основі якого оцінюється граничне значення y, e - випадкова величина відхилення з відомим законом розподілу ймовірностей, найчастіше нормальним. Функцію $F(x)$ задано двочленами $W_k(x; a_k; b_k)$ 14 видів з постійними коефіцієнтами a_k, b_k. Якщо для досліджень доступна вибірка з n пар значень параметрів (x, y), то такі коефіцієнти для кожного виду двочлена можна обчислити способом найменших квадратів. Із цих 14 видів слід вибрати такий, для якого сума квадратів відхилень e буде мінімальною. Якщо суми квадратів відхилень декількох видів залежності незначно відрізняються від мінімальної, то дослідник може вибрати інший на основі теоретичних міркувань і практичного досвіду.

Для реалізації такого алгоритму створено та запатентовано програмний продукт GraColNaf [1]. Розроблений із застосуванням Web-технологій він розташовується на сайті pc.nung.edu.ua. Такий підхід дає можливість автоматизувати трудомісткі розрахунки, обробляти та зберігати в єдиній базі первинні дані колекторних параметрів

нафтогазоносних пластів у різних покладах. Після введення первинних даних програма проводить статистичну обробку одержаної інформації та пропонує на вибір дослідника 14 видів двочленів із відповідними сумами квадратів відхилень. За вибраним двочленом програма визначає граничне значення *y* шляхом підстановки значення *x* у формулу вибраного двочлена. Первинні дані, вибрана залежність і розраховане граничне значення досліджуваного колекторного параметра подаються на графіку.

Враховуючи наведене вище необхідно за результатами лабораторних досліджень порід-колекторів та розробленого програмного продукту встановити найбільш тісні кореляційні зв'язки між їхніми петрофізичними параметрами, які необхідні для обґрунтування кондиційних значень коефіцієнтів відкритої пористості і нафто- чи газонасичення.

Список використаних джерел:

1. Комп'ютерна програма «Оцінка граничних значень колекторних параметрів нафтогазонасичених пластів»: Авторське свідоцтво № 81648; заявл. 21.09.2018; опубл. 26.10.2018, Бюл. №19. С. 685-686.

2. Граничні і кондиційні значення фільтраційно-ємнісних параметрів колекторів Котелівського родовища / М.Ю. Нестеренко, В.В. Олійник, Ю.І. Петраш, Г.П. Боднарчук // Мінеральні ресурси України. – 2000. – № 3. – С. 25–27.

УДК 552.1:552.8

ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПІДРАХУНКОВИХ ПАРАМЕТРІВ В АНІЗОТРОПНИХ ТОВЩАХ

***Каралаш А.Р.*[1]**, *andrii.karalash@ugv.com.ua;*
***Башкіров Г.Л.*[1]**, *heorhii.bashkirov@ugv.com.ua;*
***Кашуба Г.О.*[2]**, *hrygorii.kashuba@ugv.com.ua;*
1 – Київське відділення УкрНДІгазу АТ«Укргазвидобування», Київ, Україна,
2 – АТ «Укргазвидобування», Київ, Україна

Представлена методика передбачає виділення в розрізі свердловин інтервалів з анізотропною характеристикою за даними методу мікрокаротажу, визначення ефективної товщини прошарків-колекторів та розрахунок величини коефіцієнта відкритої пористості за даними акустичного каротажу на основі моделі подвійного акустичного часу. Застосування методики призводить до підвищення точності визначення підрахункових параметрів при геолого-економічній оцінці запасів вуглеводнів родовищ, що містять прошарки колекторів в анізотропних товщах.

ON THE DETERMINATION OF COUNTING PARAMETERS IN ANISOTROPIC STRATA

***Karalash.A.*[1]**, *andrii.karalash@ugv.com.ua;*
***Bashkirov H.*[1]**, *heorhii.bashkirov@ugv.com.ua;*
***Kashuba H.*[2]**, *hrygorii.kashuba@ugv.com.ua;*
1 – Kyiv Department UkrNDIgas JSC«Ukrgasvydobuvannya», Kyiv, Ukraine,
2 – JSC«Ukrgasvydobuvannya», Kyiv, Ukraine

This study introduces a methodology for identifying anisotropic intervals in well sections using micro-logging data, assessing the effective thickness of reservoir layers, and estimating open porosity from acoustic logging based on the dual transit-time model. The proposed approach enhances the reliability and accuracy of key reservoir parameter evaluation in geological and economic assessments of gas fields with anisotropic strata.

Вступ. Поклади вуглеводнів практично всюди приурочені до анізотропних товщ гірських порід. Зміна фізичних властивостей продуктивних горизонтів у різних напрямках визначає ступінь анізотропії. Прийнято вважати, що колектори великої потужності є практично не анізотропними та підпорядковуються класичним законам фізики. Натомість перешарування малопотужних колекторських різновидів з непроникними породами утворюють середовище, що класично вважають анізотропним. Яскравим прикладом таких середовищ є родовища Західного нафтогазоносного району. Досліджувані відклади складені тонкоритмічним чергуванням глин, алевролітів та пісковиків, серед яких рідко трапляються тонкі прошарки туфів. Тонкоритмічна будова та мінливий літологічний склад відкладів спричиняють анізотропію фізичних властивостей продуктивних горизонтів, яка ускладнює, а часом і зовсім унеможливлює застосування прийнятих методик інтерпретації даних геофізичних досліджень свердловин (ГДС). В основному, при інтерпретації даних ГДС у продуктивних горизонтах, використовують петрофізичні інтерпретаційні моделі, отримані для вибраних родовищ. Такий підхід є доволі спрощеним, тому що, незважаючи на геологічну подібність, вибрані відклади на різних родовищах дещо різняться за своїми структурними і петрофізичними характеристиками.

Аналіз попередніх досліджень, формулювання задачі та її вирішення. Інтерпретаційні моделі, що використовуються при підготовці підрахункових параметрів отримують на основі співставлення відповідних геофізичних параметрів, отриманих за даними ГДС, та параметрів, визначених при лабораторних дослідженнях кернового матеріалу (моделі “керн-ГДС”) для конкретного родовища. Використання таких моделей на інших родовищах викликає певні сумніви щодо точності визначення підрахункових параметрів, зокрема ефективної товщини і величини коефіцієнта пористості. Можливість їх застосовності повинна ретельно перевірятися. В таблиці 1 надано результати статистичного аналізу величин коефіцієнта пористості піщанистих прошарків продуктивних горизонтів (за результатами лабораторних досліджень кернового матеріалу). Наведені в табл. 1 дані

ілюструють широкий діапазон зміни коефіцієнтів пористості та статистичних параметрів, що їх характеризують, як по родовищу, так і по регіону робіт. Наприклад, використання інтерпретаційних моделей родовища В не зовсім зрозуміле для родовищ А, Д та інших, і це не враховуючи, що аналіз проведено тільки по одному параметру – пористості. Дуже часто спотерігається неспівставимість визначених коефіцієнтів пористості, згідно інтнерпретаційних моделей по конкретних (“опорних”) родовищах, та кернових даних по родовищу, де проводиться ГЕО.

Таблиця 1. Результати статистичного аналізу величини коефіцієнта пористості піщанистих прошарків

Родовище	кількість визначень	середнє	мінімум	максимум	стандартне відхилення
Родовище А	110	11,35	1,0	31,0	7,5
Родовище Б	305	12,94	3,6	30,8	5,2
Родовище В	272	16,11	2,7	26,6	5,6
Родовище Г	22	11,37	4,4	23,7	5,5
Родовище Д	62	8,80	2,2	21,1	3,3
Родовище Е	292	19,21	1,5	27,5	6,3
Родовище Є	96	15,90	3,9	26,2	5,8
Всі разом	1159	15,11	1,0	31,0	6,6

Для досліджуваних відкладів загалом склалась ситуація, коли інтерпретація даних ГДС у розрізі в основному базується на інтерпретаційних (петрофізичних) моделях, що були побудовані з використанням лабораторних досліджень кернового матеріалу вибраних родовищ [1, 2, 3, 4] (так звані “опорні” родовища).

Коефіцієнт пористості в основному визначається за допомогою інтерпретаційних моделей з використанням методу акустичного каротажу (АК), а отримані результати відповідно відображають інтегровані ємнісні характеристики колекторів та непроникних порід (глин, заглинизовані породи).

Таким чином, постає задача розробити технологію з визначення підрахункових параметрів в анізотропних товщах з використанням методів ГДС без залучення інтерпретаційних моделей, що визначені для так званих “опорних” родовищ.

Анізотропність продуктивних горизонтів є не рівномірною, тому потрібно вирішити задачу їх розділення на зони по розрізу свердловини. Такі методи, як мікробоковий каротаж (МБК) та мікрокаротаж (МК) практично завжди виконуються у свердловинах і мають велику роздільну здатність (наприклад для мікропотенціал зонда вона складає 0,05 м). Тому основний метод, за яким визначалась анізотропія, було обрано метод мікрокаротажу (МК), зокрема з використанням кривої мікропотенціал зонду. Алгоритм визначення анізотропних зон полягав у наступному:

- розрахунок кривої стандартного відхилення у ковзаючому вікні (за даними проведених досліджень, найбільш оптимальним є вікно розміром 2 м);
- розрахунок у тому ж вікні кривої кількості піків (лівих та правих);
- побудова кривої шаруватості, яка визначалась по розрахованих кривих.

Згідно вищеприведеного алгоритму інтервал приймався як анізотропний, якщо кількість піків складала 4 одиниці і більше, а відповідна величина на кривій стандартного відхилення була більше 20 %. При відсутності кривої мікропотенціал зонда можливе використання кривої мікроградієнд зонда або мікробокового каротажу.

Після визначення ділянок з анізотропною характеристикою по кожній ділянці виконується обчислення сумарної величини піщанистих прошарків-колекторів. Оскільки крива мікропотенціал зонда характеризується підвищенням питомого електричного опору (ПЕО) навпроти піщанистих прошарків, то сумування точок, значення опору яких перевищують суму середнього у ковзаючому вікні та частки в 0,35 стандартного відхилення і буде сумарною товщиною піщанистих прошарків. Відношення визначеної суми у метрах до товщини виділеної анізотропної зони дає величину частки піщанистих прошарків.

Розрахунок коефіцієнта пористості для них пропонується проводити з використанням розробленої нами моделі подвійного акустичного часу.

Загалом компонентну модель анізотропного пласта можна подати як перешарування прошарків глин і прошарків з підвищеною піщанистістю (рисунок 1а). Глинисті прошарки за компонентним складом моделюються як суміш глин і піщанистих фракцій, а прошарки з підвищеною піщанистістю – як суміш глин, піщанистих фракцій і порового простору, який заповнено пластовим флюїдом. Оскільки зона проникнення загалом більша за глибинність методу акустичного каротажу, можна прийняти, що поровий простір піщанистих прошарків повністю насичений рідиною (залишковою водою і фільтратом бурового розчину).

Продуктивні пласти характеризуються тонкошаруватістю, то її можна представити інтегруючою компонентною моделлю у межах товщини, яка дорівнює величині роздільної здатності акустичного каротажу, як два пласти: один з яких є сумарним представленням піщанистих прошарків, а другий – сумарним представленням глинистих прошарків (рисунок 1б).

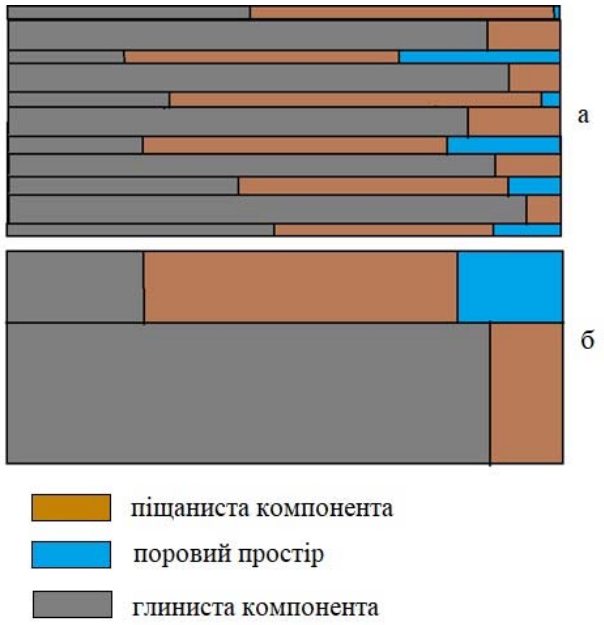


Рис. 1. Компонентна модель анізотропного пласта

Математичний вираз моделі (рис. 1) середнього інтервального часу в анізотропному пласті можна записати:

$$\Delta T = \frac{h_{\text{еф}}\left((1 - K_{\text{п}} - K_{\text{гл к}})\cdot\Delta T_{\text{кв}} + K_{\text{п}}\cdot\Delta T_{\text{фл}} + K_{\text{гл к}}\cdot\Delta T_{\text{гл}}\right)}{H} + \left(1 - \frac{h_{\text{еф}}}{H}\right)\cdot\left(K_{\text{гл г}}\cdot\Delta T_{\text{гл}} + (1 - K_{\text{гл г}})\cdot\Delta T_{\text{кв}}\right), \quad (1)$$

де: ΔT – інтервальний час в анізотропному пласті, мкс/м;
$K_{\text{гл к}}$ – глинистість піщанистих прошарків (колектор);
$K_{\text{гл г}}$ – глинистість глинистих прошарків, ч.о.;
$h_{\text{еф}}$ – ефективна товщина колекторської частини анізотропного пласта, м;
H – товщина анізотропного пласта, м;
$\Delta T_{\text{гл}}$ – інтервальний час в глині;
$\Delta T_{\text{фл}}$ – інтервальний час пластового флюїда;
$\Delta T_{\text{кв}}$ – інтервальний час в матеріалі скелета породи;
$K_{\text{п}}$ – коефіцієнт пористості піщанистих прошарків (колектора).

Записуючи відношення сумарної товщини піщанистих прошарків до загальної товщини анізотропного пласта (d) як $d=h_{\text{еф}}//H$, отримуємо:

- коефіцієнт глинистості піщанистих прошарків (колекторів) ($K_{\text{гл к}}$)

$$K_{\text{гл к}} = \frac{K_{\text{гл}}}{\left(-1-\left(\frac{(1-d)}{d}\right)\right)}, \quad (2)$$

- коефіцієнт глинистості глинистих прошарків ($K_{\text{гл г}}$)

$$K_{\text{гл г}} = \frac{K_{\text{гл г}} - d \cdot K_{\text{гл к}}}{1-d}, \quad (3)$$

- інтервальний акустичний час глинистих прошарків ($\Delta T_{\text{гл п}}$)

$$\Delta T_{\text{гл п}} = K_{\text{гл г}} \cdot \Delta T_{\text{гл}} + (1 - K_{\text{гл г}}) \cdot \Delta T_{\text{кв}}, \quad (4)$$

- інтервальний акустичний час піщанистих прошарків (колекторів) ($\Delta T_{\text{к п}}$)

$$\Delta T_{\text{к п}} = \frac{\Delta T - (1-d) \cdot \Delta T_{\text{гл п}}}{d}, \quad (5)$$

- коефіцієнт пористості піщанистих прошарків (колекторів) (*Кпк)*

$$K_{\text{п к}} = \frac{(\Delta T_{\text{гл}} \cdot K_{\text{гл к}} - \Delta T_{\text{кв}} \cdot K_{\text{гл к}} - \Delta T_{\text{к п}} + \Delta T_{\text{кв}})}{\Delta T_{\text{кв}} - \Delta T_{\text{фл}}}. \quad (6)$$

Вищеприведена модель подвійного інтервального часу для анізотропного пласта дозволяє визначити середню величину коефіцієнта пористості і глинистості піщанистих прошарків. На рис. 2 наведено результат моделювання глинистості піщанистих прошарків в залежності від загальної глинистості анізотропного пласта і частки піщанистих прошарків в анізотропному пласті.

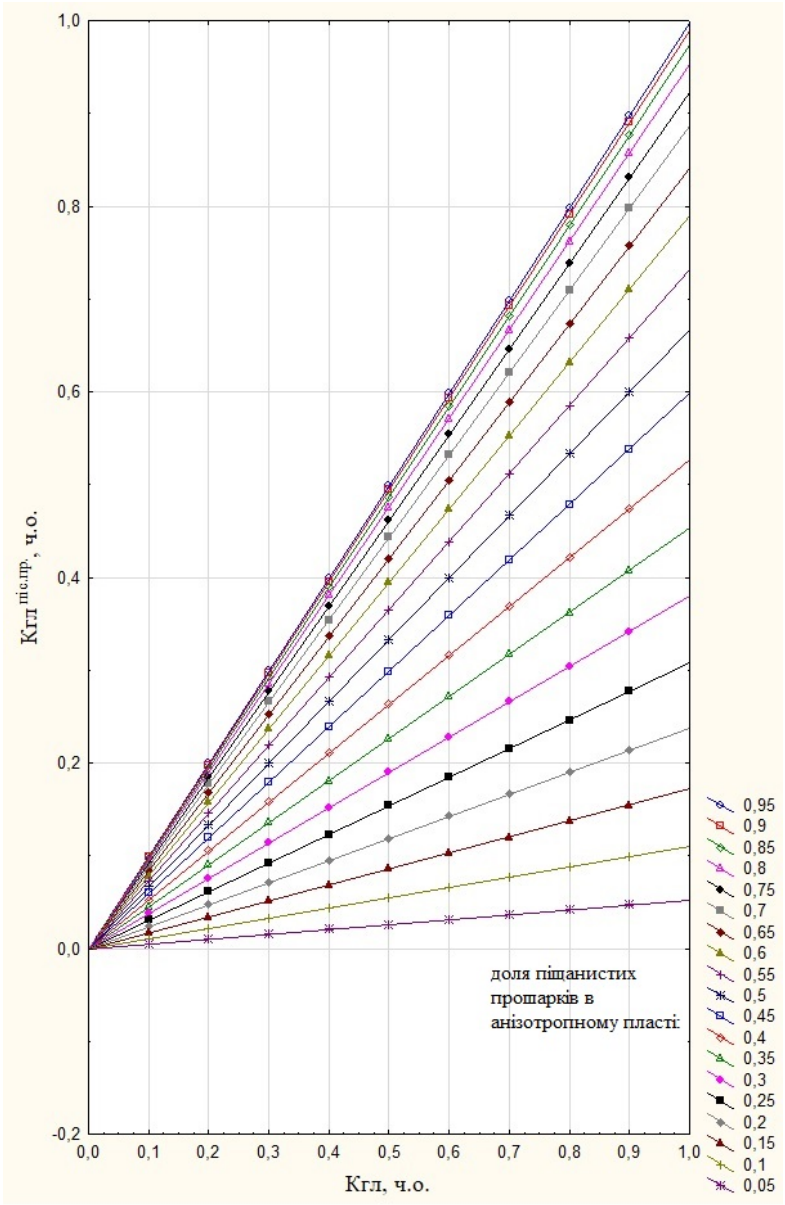


Рис. 2. Результат моделювання глинистості піщанистих прошарків в залежності від загальної глинистості анізотропного пласта і частки піщанистих прошарків в анізотропному пласті

На рис. 3 наведено результати моделювання величини коефіцієнта пористості в піщанистих прошарках в залежності від інтервального часу повздовжньої акустичної хвилі при різних величинах їх глинистості для загальної глинистості анізотропного пласта (наприклад, для *Кгл*=0,6).

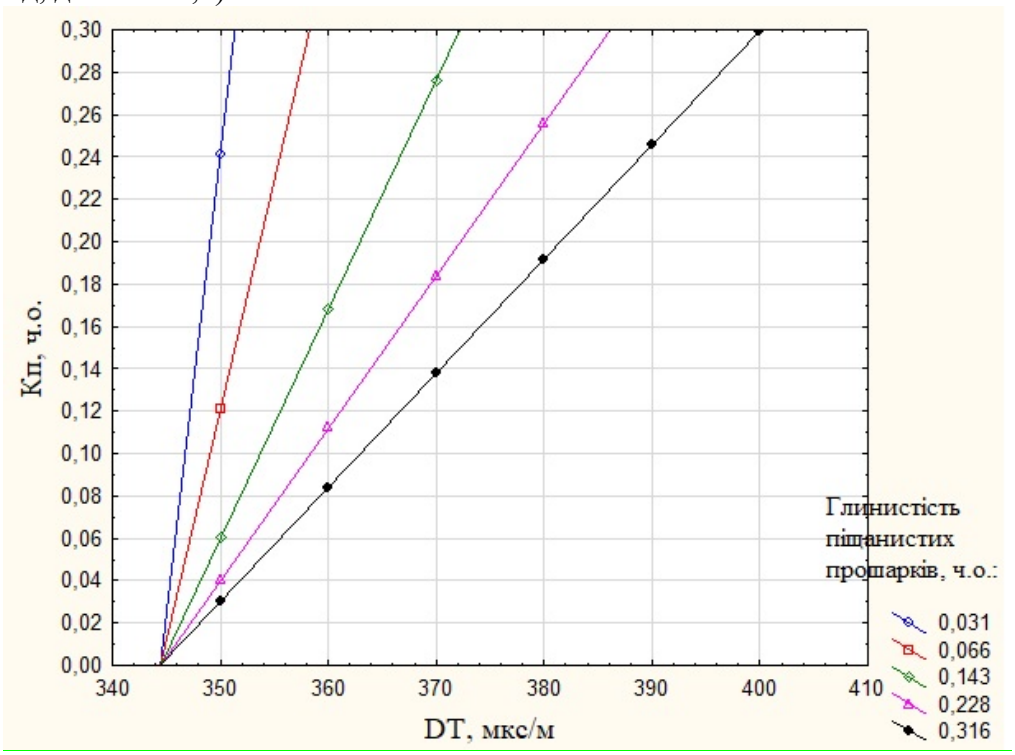


Рис. 3. Результати моделювання величини коефіцієнта пористості в піщанистих прошарках в залежності від інтервального часу повздовжньої акустичної хвилі при різних величинах їх глинистості для загальної глинистості анізотропного пласта *Кгл*=0,6

На рис. 4 наведено фрагмент геолого-геофізичного планшету з результатами інтерпретації даних ГДС за подвійною моделлю середнього інтервального часу для анізотропного пласта в одній із свердловин свердловині Західного нафтогазоносного району. Правомірність і застосовність моделі подвійного середнього часу ілюструє співставлення отриманих значень коефіцієнтів пористості з керновими даними.

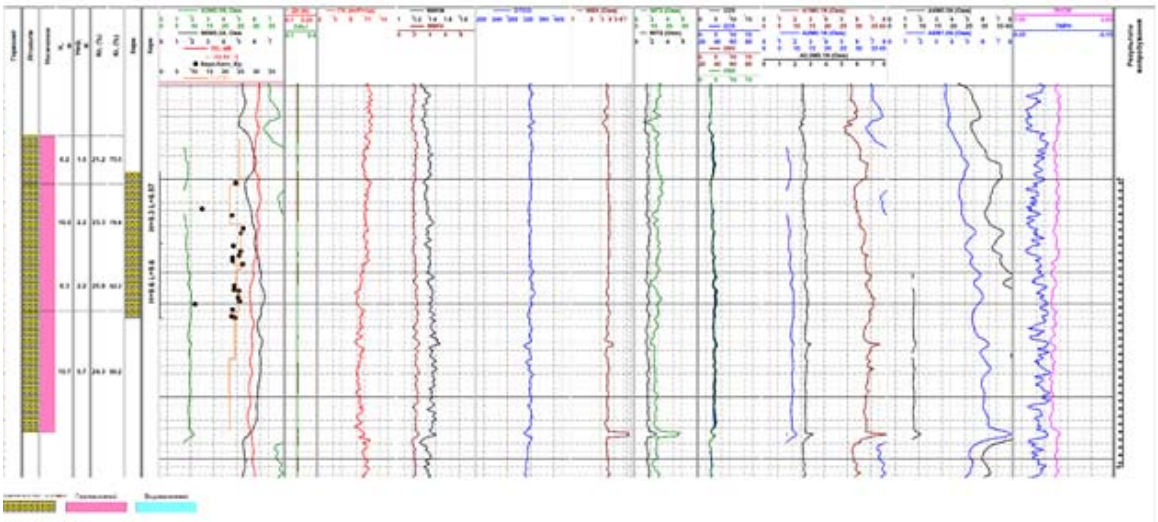


Рис. 4. Фрагмент геолого-геофізичного планшету з результатами інтерпретації даних ГДС за подвійною моделлю середнього інтервального часу для анізотропного пласта в обраній свердловині

На рис. 5 наведено фрагмент геолого-геофізичного планшету з результатами інтерпретації даних ГДС за подвійною моделлю середнього інтервального часу та з визначенням зон розвитку анізотропії обраній свердловині

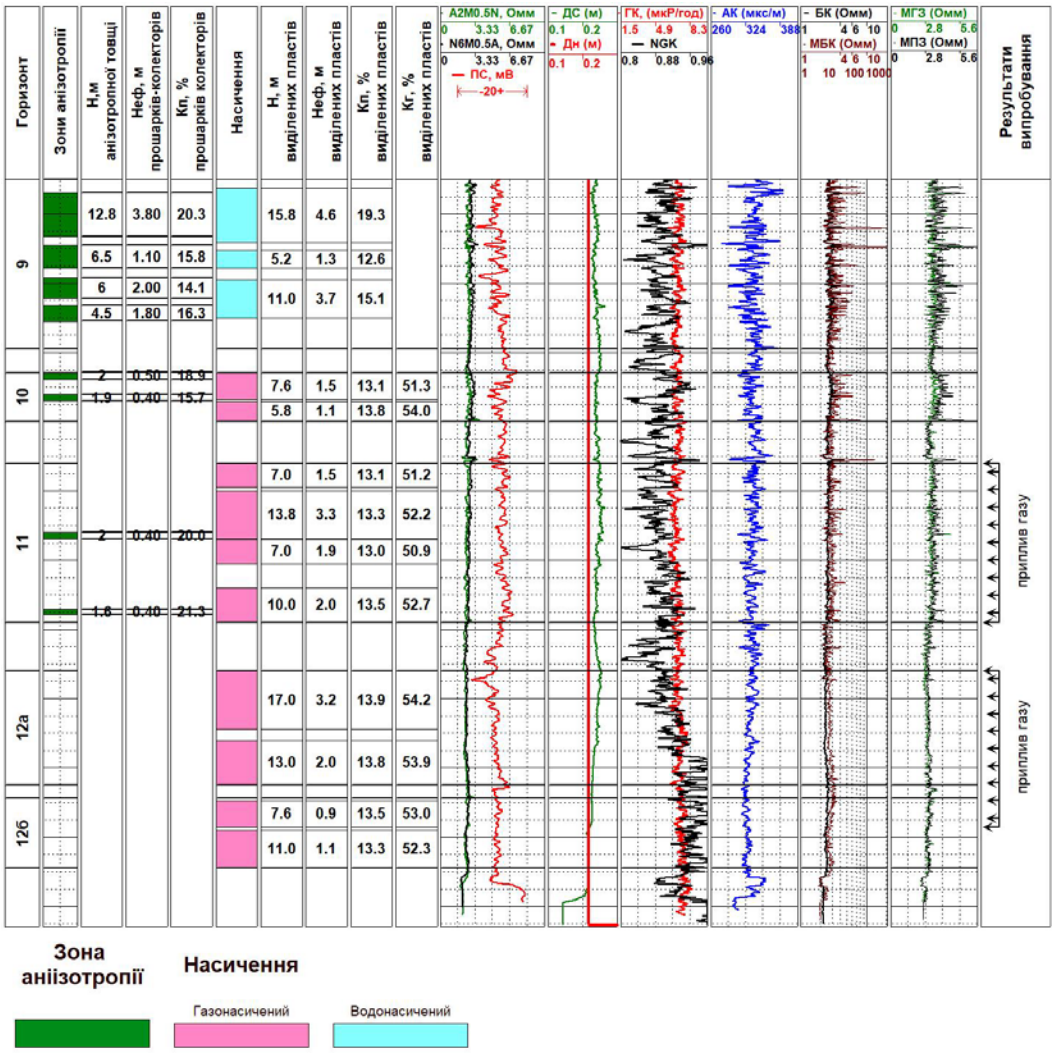


Рис. 5. Фрагмент геолого-геофізичного планшету з результатами інтерпретації даних ГДС за подвійною моделлю середнього інтервального часу для анізотропного пласта в обраній свердловині

Висновки. Отримані результати показали, що створена петрофізична модель подвійного середнього акустичного часу дозволяє визначати колекторські параметри анізотропних пластів без внесення штучних поправок у виміри кривих ГДС і без використання моделей, які не відповідають загальноприйнятим петрофізичним зв'язкам. Слід також зауважити, що виділення анізотропних зон по свердловині сприяє більш чіткому визначенню границь продуктивних пластів і інтервалів їх випробування.

Список використаних джерел:

1. Пилипів В.В., Булмасов О.В., Багнюк М.М. та ін. Геолого-економічна оцінка та техніко-економічне обґрунтування коефіцієнтів газовилучення Летнянського родовища Львівської області (станом на 01.01.2011 р.). 591 с., 2011.
2. Андрейчук М.М., Ю.З. Крупський Ю.З., Іщенко О.М. та ін. "Геолого-економічна оцінка запасів газу Гаївського газоконденсатного родовища в Львівській області" (станом на 01.01.2005 р.). 230 с., 2005.
3. Васеньова А., Рябуха О., Боднарук Р. та ін. Геолого-економічна оцінка запасів вуглеводнів Залужанського газоконденсатного родовища Львівської області (станом на 01.01.2011р.). 333с., 2012.
4. В.І.Грицишин, С.Ф.Кучер. Петрофізичні властивості нафтових і газових колекторів Передкарпаття. с.237- 255., Прикарпатський вісник НТШ, 2012 - №1(17)

УДК 553.048

ОНОВЛЕННЯ ШАБЛОНУ CRISCO ТА КОДЕКСУ JORC

***Баряцька Н.В.**, д. геол. н., BariatskaN@gmail.com;*
***Сафронова Н.Г.**, 1sanige80@gmail.com;*
ТОВ «Софтмайн», м. Київ, Україна

У статті розглянуто нещодавні зміни, запроваджені в Шаблоні міжнародної публічної звітності щодо об'єктів та результатів розвідки, ресурсів та запасів корисних копалин Комітету з міжнародних стандартів звітності щодо запасів корисних копалин (CRIRSCO Template) та Австралоазійському кодексі звітності про результати геологорозвідки, мінеральні ресурси та запаси руди Об'єднаного комітету по запасах руди (JORC Code). Проведено порівняльний аналіз змін та процесів оновлення документів. Загалом зміни відображають глобальну тенденцію до гармонізації класифікацій та стандартів у гірничодобувній галузі, зокрема шляхом уточнення визначень, підвищення прозорості звітності та інтеграції принципів сталого розвитку.

Впровадження визнаних стандартів звітності та класифікації ресурсів та запасів корисних копалин, що відповідають шаблону CRIRSCO, має вирішальне значення для підвищення прозорості з метою залучення інвестицій, підвищенням конкурентоспроможності української галузі надрокористування, інтеграцією у глобальні ринки та ланцюги постачання.

CRISCO TEMPLATE AND JORC CODE UPDATES

***Bariatska N.**, Dr. Sci. (Geol.), BariatskaN@gmail.com;*
***Safronova N.**, 1sanige80@gmail.com;*
Softmine LLC, Kyiv, Ukraine

The article discusses recent changes to the International Reporting Template for the Public Reporting of Exploration Targets, Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves of Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards (CRIRSCO Template) and the Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves of the Joint Ore Reserves Committee (JORC Code). A comparative analysis of changes and document updating processes was conducted. Generally, the changes reflect a global trend to harmonise classifications and standards in the mining industry, in particular by clarifying definitions, increasing reporting transparency and integrating sustainable development principles.

The implementation of recognised reporting standards and classification of mineral resources and reserves according to the CRIRSCO template is crucial for increasing transparency in terms of attracting investment, improving the competitiveness of the Ukrainian subsoil use industry, and integrating into global markets and supply chains.

Вступ. У контексті повномасштабної війни пріоритетом економічної політики України є залучення іноземних інвестицій, зокрема в геологорозвідувальну та гірничовидобувну галузі. Реалізація «Угоди про корисні копалини» Україною та США (Угода про створення Інвестиційного фонду відбудови [4]), а також зближення з Європейським Союзом у сфері сировинної безпеки створюють умови для розширення міжнародного співробітництва та інтеграції у глобальні ланцюги постачання корисних копалин.

Для прозорості інвестиційного процесу у всьому світі застосовуються спеціальні стандарти (кодекси) публічної звітності, які регулюють форму розкриття наукової і технічної інформації про об'єкт інвестицій, а також гарантують інвесторам високий рівень її достовірності. Стандарти публічної звітності щодо запасів і ресурсів корисних копалин, такі як JORC Code, CIM (NI 43-101), SAMREC, PERC та ін., відповідають Шаблону міжнародної публічної звітності щодо об'єктів та результатів розвідки, ресурсів та запасів корисних копалин (CRIRSCO Template). Звіти, підготовлені за такими стандартами використовуються в усьому світі для:

- оцінки та аудиту геологорозвідувальних і видобувних об'єктів та відповідних техніко-економічних обґрунтувань,
- прозоре та достовірне інформування інвесторів про ресурси та запаси,
- IPO (Initial Public Offering – перший публічний продаж акції) та подальшої біржової звітності,
- отримання банківських кредитів, злиття та поглинання компаній.

Загальна капіталізація гірничопромислових компаній, що котирують свої акції на фондових біржах країн, представлених у CRIRSCO, становить понад 80% від загальносвітового гірничопромислового капіталу, що пройшов біржовий лістинг [5].

Міжнародний комітет CRIRSCO було створено у 1994 році з метою розробки уніфікованого підходу до публічної звітності про стан мінерально-сировинної бази гірничих компаній. На момент створення CRIRSCO об'єднав ряд національних та регіональних стандартів, які існували на той час (JORC, CIM, SAMREC, PERC). На тепер CRIRSCO має 15 організацій (країн) членів та 6 – кандидатів.

Останніми роками відбувався процес оновлення шаблону CRIRSCO та одного з провідних національних стандартів звітності у світі – кодексу JORC (Joint Ore Reserves Committee Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves). У червні 2024 року було опубліковано оновлену версію шаблону CRIRSCO [8]. 1 серпня 2024 року оприлюднено проєкт кодексу JORC [9], а у вересні 2025 року – результати його обговорення [7]. Далі ми розглянемо ключові події у процесах оновлення та ключові зміни, яких зазнали ці документи.

Оновлення шаблону CRIRSCO. На початку 2023 року розпочався процес оновлення шаблону CRIRSCO. Хронологію ключових подій цього процесу показано на рис.1.



Рис. 1. Процес оновлення шаблону CRIRSCO – ключові події

Оновлений шаблон CRIRSCO, опублікований 26 червня 2024 року CRIRSCO [8] включає зміни до стандартних визначень, які були узгоджені на загальних зборах CRIRSCO 2023 року в Ріо-де-Жанейро, Бразилія, в жовтні 2023 року. Стислий огляд основних змін Шаблону CRIRSCO 2024 р. наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Ключові зміни у шаблоні CRIRSCO 2024 року

Розділ (частина)	Суть зміни	Обґрунтування
Визначення «Запаси корисних копалин»	Додано речення «Запаси корисних копалин можна поділити в порядку зростання рівня достовірності на ймовірні та доведені»	Краще узгодження з визначенням ресурсів корисних копалин
Розділ «Звітність про запаси корисних копалин»	Включено визначення «Плану життєвого циклу шахти» ('Life of Mine Plan (LoMP)')	Для супроводу декларацій про запаси корисних копалин на діючих шахтах
Визначення «Попереднє дослідження» ('Scoping Study')	«Продемонструвати на момент подання звіту, що прогрес у підготовці попереднього техніко-економічного обґрунтування може бути достатньо обґрунтованим» замінено на «продемонструвати і надати обґрунтування для подальших досліджень і технічних робіт, а також більш комплексних технічних досліджень»	Для врахування ситуації , коли попередні дослідження не використовуються для переходу до попереднього техніко-економічного обґрунтування
	Включено речення «Попереднє дослідження (Scoping Study) має нижчий рівень достовірності, ніж попереднє техніко-економічне обґрунтування (Pre-Feasibility Study)»	Для логічного переходу між 'Scoping Study' і 'Pre-Feasibility Study'

Розділ (частина)	Суть зміни	Обґрунтування
Визначення «Попереднє техніко-економічне обґрунтування» (‘Pre-feasibility Study’)	«Визначається переважний спосіб видобування, у випадку підземного видобування, або конфігурація кар’єру, у випадку відкритого видобування, а також найефективніший метод переробки корисних копалин» замінено на «визначено найкращі методи видобування та збагачення»	Формулювання змінено на більш просте та загальне, але таке, що відображає суть
	«Фінансовий аналіз, заснований на обґрунтованих припущеннях» замінено на «фінансовий аналіз, заснований на обґрунтованих і підтверджених припущеннях»	Це вказує на необхідність підтвердити припущення щодо модифікуючих факторів
Визначення «Техніко-економічне обґрунтування» (‘Feasibility Study’)	«Видобування є обґрунтованим (економічно доцільним)» замінено на «економічний видобування є достатньо обґрунтованим»	Для узгодження з використанням в інших частинах шаблону

Необхідно відмітити, що рисунок 1 шаблону, який ілюструє зв’язок між категоріями запасів і ресурсів корисних копалин, зазнав змін лише у частині модифікуючих факторів – у редакції 2024 року їхній перелік не наводиться (рис. 2).

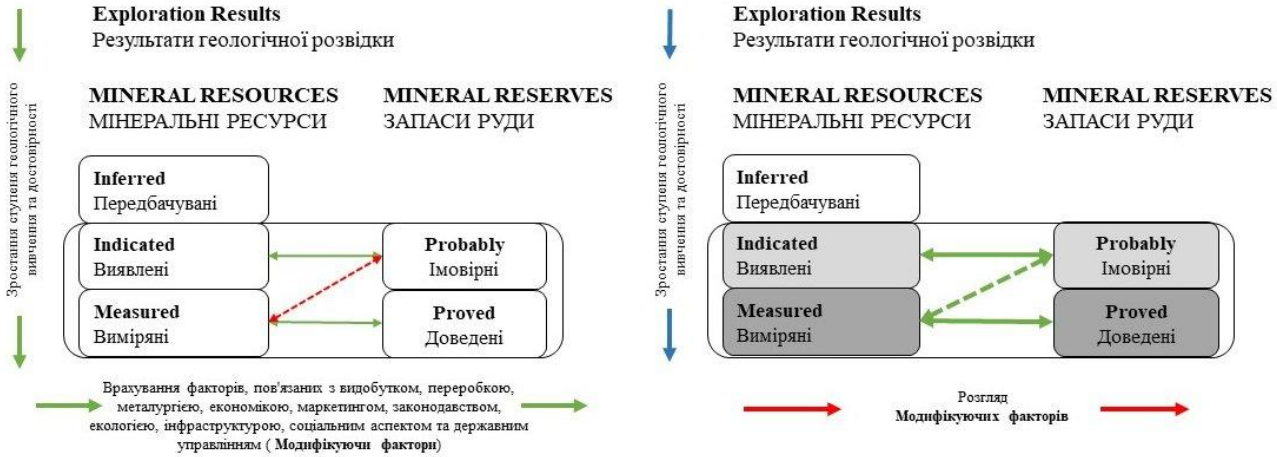


Рис. 2. Рисунок 1 шаблону CRIRSCO – Загальний зв’язок між результатами розвідки, мінеральними ресурсами та запасами руди (зліва – 2019 р., справа – 2024)

У січні 2025 року було також опубліковано нову версію Узгоджувального документу між Шаблоном CRIRSCO та Рамковою класифікацією Організації Об’єднаних Націй (РКООН) [6]. У новій версії документу:

- Оновлені зв’язки між категоріями шаблону CRIRSCO та останньою версією РКООН;
- Надано додаткові рекомендації (Guidance Note) щодо практичного використання документа;
- Зроблено уточнення щодо принципів оцінки, прозорості та техніко-економічного аналізу.

Оновлення JORC Code. У 2020 році розпочався процес оновлення кодексу JORC, графік ключових подій якого наведено на рис. 3. На даний момент оприлюднено оновлений проєкт кодексу 2024 року [9]. Остаточна версія кодексу очікуються у кінці 2025 – на початку 2026 року.

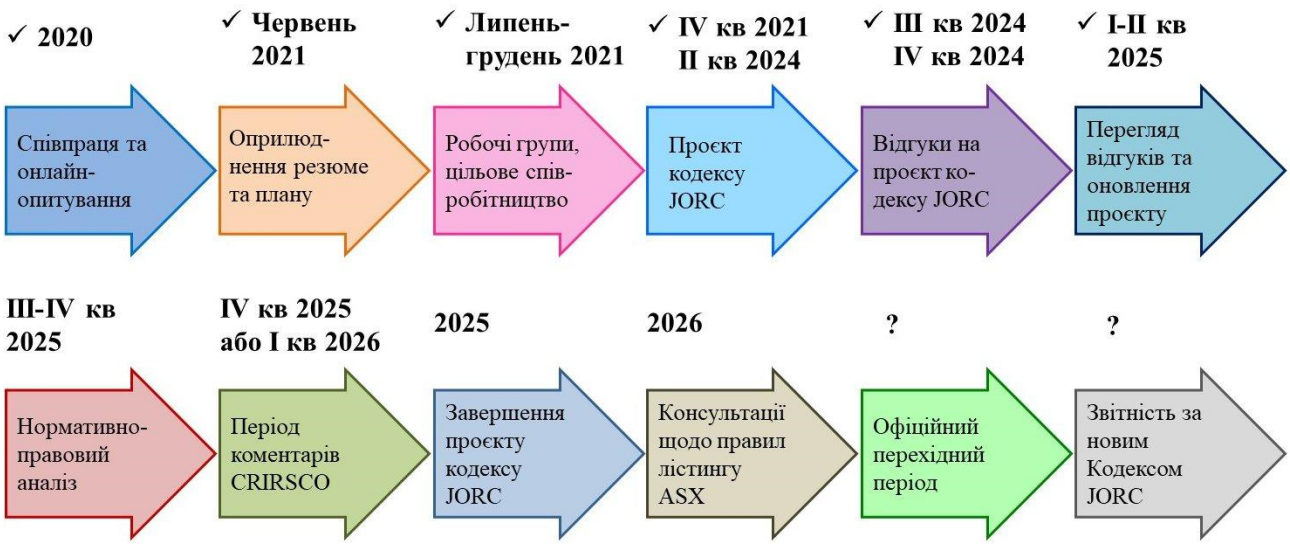


Рис. 3. Графік основних подій щодо оновлення кодексу JORC

Основні зміни стосуються структури документу, розумних перспектив видобутку, екологічних, соціальних та управлінських аспектів (ESG), ризиків та можливостей проєкту, компетентності та відповідальності виконавців, а також узгодження з іншими ключовими документами (таблиця 2).

Таблиця 2. Ключові зміни у Кодексі JORC відповідно до проєкту 2024 року

Розділ	Суть змін
Структура та формат	● Зменшено кількість вбудованих пояснень; створено окремий, більш ґрунтовний Документ з роз'ясненнями ● Краща узгодженість Кодексу та Таблиці 1 з шаблоном CRIRSCO; Таблиця 1 за етапами дослідження
Розумні перспективи	● Уточнено термінологію: RPEEE (Розумні перспективи можливого економічного видобування) замість RPEE (Розумні перспективи економічного видобування); модифікуючі фактори застосовуються на всіх етапах життєвого циклу проєкту ● Компетентна особа проводить первинну оцінку модифікуючих факторів, щоб визначити RPEEE
ESG	● Додано спеціальні положення до розділу «Модифікуючі фактори» ● З'явився новий додаток «Таблиця вимог ESG»
Ризики та можливості	● Додано окремий розділ та спеціальні положення ● Передбачено можливість розкриття та обговорення ризиків конкретного проєкту
Узгодження	● Додано спеціальні положення ● Узгоджено з правилами лістингу Австралійської Фондової Біржі лістингу для порівняння
Компетентність та відповідальність	● Введено вимогу завантаження резюме компетентної особи на сайт JORC та ознайомлення з останньою версією кодексу ● Додано роль «Спеціаліста» для підтримки компетентної особи у охопленні необхідних навичок

До рисунку, який показує співвідношення класифікацій ресурсів і запасів корисних копалин, додано Об'єкт геологічної розвідки (Exploration Target), Розумні перспективи економічного видобування та напрямок підвищення рівня достовірності модифікуючих факторів (рис. 4).

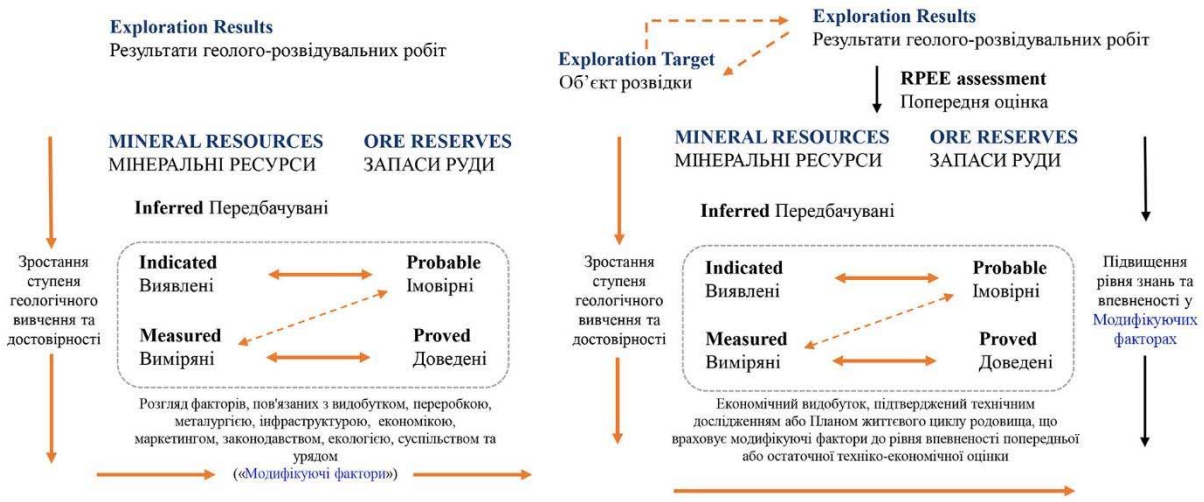


Рис. 4. Рисунок 1 Кодексу JORC – Загальний зв'язок між результатами розвідки, мінеральними ресурсами та запасами руди (зліва – 2012 р., справа – 2024)

Висновки. У табл. 3 наведено результати порівняння шаблону CRIRSCO та Кодексу JORC з точки зору самих документів, процесів їхнього оновлення та останніх змін. Порівняння показує, що зміни у кодексі JORC виглядають більш суттєвими, у той час у шаблоні CRIRSCO вони більше стосуються структури та формулювань.

Таблиця 3. Порівняння шаблону CRIRSCO та Кодексу JORC

	CRIRSCO Template	JORC Code
Хто відповідає	CRIRSCO	JORC, до складу якого входять AusIMM, AIG, MCA
Функції	Рамкові принципи для національних кодексів JORC, PERC, NI 43-101 та ін.	Обов'язковий стандарт для Австралії, визнаний на біржах ASX та ін.
Механізм підготовки та затвердження	• Створення робочої групи CRIRSCO, аналіз змін у світових практиках звітності та досвіду застосування національних кодексів. • Обговорення пропозицій з представниками національних організацій – членів CRIRSCO. • Затвердження консенсусом членів. • Публікація оновленого шаблону.	• Створення робочої групи, підготовка пропозицій. • Громадське обговорення (public consultation) серед професійної спільноти (члени AusIMM та AIG). • Узгодження з AusIMM, AIG і MCA. • Публікація нової редакції кодексу JORC.
Періодичність	Раз на 5-7 років	Спочатку раз на 3-5 років, між останніми редакціями – 8-13 років
Оновлення структури	Оновлено визначення та нумерацію	Поділено на три окремі документи: The JORC Code, Guidance Notes, Check List
ESG фактори	Внесено зміни для кращого відображення ESG	Підвищено вимоги до розкриття ESG інформації
Відповідальність	Оновлено визначення термінів	Визначено можливість залучення спеціалістів
Міжнародна гармонізація	Оновлено Bridging Document для узгодження з UNFC 2019	Узгоджено визначення з CRIRSCO Standard Definitions

Процес оновлення також має суттєві відмінності. CRIRSCO виносить зміни на внутрішнє обговорення організацій-членів, у той час як зміни у JORC Code обговорюються публічно, залучаючи широке коло спеціалістів, що впливає на терміни оновлення цих документів.

Основними тенденціями у змінах обох документів є підвищення прозорості та гармонізація між ними та з іншими керівними документами. Зважаючи на взаємний вплив

шаблону CRIRSCO, як основного документу комітету, та національних стандартів та кодексів його членів, у тому числі JORC Code, наступним кроком, імовірно, стане подальше двостороннє врахування змін у цих документах.

Впровадження визнаних стандартів звітності та класифікації ресурсів та запасів корисних копалин, що відповідають шаблону CRIRSCO, має вирішальне значення для підвищення прозорості з метою залучення інвестицій, підвищенням конкурентоспроможності української галузі надрокористування, інтеграцією у глобальні ринки та ланцюги постачання [1-3]. Наразі надрокористувачі вже широко застосовують ці стандарти для своїх проєктів. Методична, освітня та організаційна підтримка на державному рівні, як це практикується у країнах з розвиненою гірничою галуззю, зробить цей процес легким і зрозумілим для більш широкого кола надрокористувачів.

Список використаних джерел:

1. Баряцька Н.В., Сафронова Н.Г. Особливості застосування міжнародних класифікацій запасів і ресурсів твердих корисних копалин в Україні. V Міжнародна науково-практична конференція «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування» (8-12 жовтня 2018, Трускавець). Матеріали конференції. С. 28-35.
2. Баряцька Н.В. Чи готові українські надрокористувачі розмовляти “однією мовою” з міжнародними інвесторами? Мінеральні ресурси України. № 1, 2021, с. 4-7. https://orcid.org/0000-0002-8068-2464
3. Баряцька Н.В., Сафронова Н.Г. Застосування міжнародних класифікацій запасів і ресурсів – запорука інвестиційної привабливості українських родовищ // VII Міжнародний геологічний форум “Актуальні проблеми та перспективи розвитку геології: наука й виробництво” 02–03 листопада 2020 р., м. Одеса, Україна. Матеріали конференції. – С. 17–23.
4. Угода між Урядом України та Урядом Сполучених Штатів Америки про створення Американсько-українського інвестиційного фонду відбудови. Ратифіковано № 4417-IX від 08.05.2025 https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/840_001-25#Text
5. About CRIRSCO. More than a template, a governance system https://crirsco.com/about-us/?utm_source=chatgpt.com
6. Bridging Document between the Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards Template and the United Nations Framework Classification for Resources. United Nations Economic and Social Council. 2024. 20 p. https://unece.org/sed/documents/2024/02/working-documents/bridging-document-between-crirsco-template-and-unfc
7. Draft JORC Code: Survey Feedback & Summary of Changes. Draft JORC Code 2024 vs Draft JORC Code 2025. 10 September 2025. Australian Joint Ore Reserves Commitee. 2025. 38 p.
8. International Reporting Template for the Public Reporting of Exploration Targets, Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves. Commitee for Mineral Reserves International Reporting Standards. June 2024. – 78 p. https://crirsco.com/wp-content/uploads/woocommerce_uploads/2024/06/CRIRSCO_International_Reporting_Template_June2024_Update_Approved_for_Release_20240627-dl8515.pdf
9. The JORC Code Exposure Draft. Australasian Code for Reporting of Exploration Targets, Exploration Results, Mineral Resources, and Ore Reserves. 2024. 49 p.

УДК 622. 822: 502.53

ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОДОВИЩ КАЛІЙНИХ СОЛЕЙ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ: ОСОБЛИВОСТІ МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ, СПЕЦИФІКА ДОРОЗВІДКИ, ПРОБЛЕМИ ВИДОБУВАННЯ ТА ЗБАГАЧЕННЯ, ЗМІНИ ПІДХОДУ ДО КЛАСИФІКАЦІЇ

Дяків В.О.*[1]*, *к. геол. н., доцент, dyakivw@yahoo.com;*
Панченко А.В.*[2]*, *к. екон. н., доцент, geoltechnologies@gmail.com*
Петришин В.Ю.*[3]*, *geology1982@ukr.net,* ***Хевпа З.З.*[4]*,*** *к. геол. н., zenonzxv@gmail.com,*
1 – ЛНУ імені Івана Франка; ТзОВ «Інститут «ГІРХІМПРОМ», Львів, Україна,
2 – НУ «Львівська політехніка», ТзОВ «Науково-виробниче технічне підприємство «Геологічні Технології», Львів, Україна,
3 – Державна комісія по запасах України, ЛНУ імені Івана Франка, Київ, Україна,
4 – ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України, Київ, Україна

В межах Передкарпатського прогину, розвідано понад 20 родовищ калійних солей, з яких найбільш і Стебницьке та група Калуш-Голинських родовищ, тривалий час розроблялись. Приведені дослідження дозволяють стверджувати, що за особливостями мінерального складу, специфікою дорозвідки складних за заляганням покладів, проблемами видобування та збагачення, полімінеральні калійні солі сульфатного типу та каїніт-лангбейнітового складу родовищ Передкарпатського прогину, суттєво відрізняються від найбільш поширених у світі калійних солей хлоридного типу та сильвінового складу. Насамперед калійні солі родовищ Передкарпаття, характеризуються значно нижчими вмістами корисного компоненту на рівні 9-11 % K2O, дуже високими вмістами нерозчинного залишку на рівні 11-20 %, а також значними вмістами хлористого натрію (біля 30 %). Саме за цими показниками у «Кодифікатор корисних копалин / Додаток 13 до Податкової декларації з рентної плати» необхідно внести зміни, а усі вказані особливості повинні враховуватись при геолого-економічній оцінці.

GEOLOGICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF POTASSIUM SALT DEPOSITS OF THE PRECARPATHIAN TREATENANCE: FEATURES OF MINERAL COMPOSITION, SPECIFICITY OF EXPLORATION, PROBLEMS OF EXTRACTION AND ENRICHMENT, CHANGES IN THE APPROACH TO CLASSIFICATION

Dyakiv V.*[1]*, *Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., dyakivw@yahoo.com,*
Panchenko A.*[2]*, *Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, geoltechnologies@gmail.com*
Petryshyn V.*[3]*, *geology1982@ukr.net,* ***Hevpa Z.*[4]*,*** *Cand. Sci. (Geol.), zenonzxv@gmail.com,*
1 – Ivan Franko National University of Lviv; LLD "Institute" GIRHIMPROM ", Lviv, Ukraine,
2 – State Institution "The Institute of Environmental Geochemistry of National Academy of Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine,
3 – State Commission on Reserves of Ukraine; Ivan Franko National University of Lviv; Kyiv, Ukraine,
4 – The Institute of Environmental Geochemistry of NASU, Kyiv, Ukraine

Within the Precarpathian trough, more than 20 deposits of potassium salts have been explored, of which Stebnytske and the group of Kalush-Golinsky deposits have been developed for a long time. The presented studies allow us to state that, in terms of the peculiarities of the mineral composition, the specifics of the additional exploration of deposits complex in terms of occurrence, the problems of extraction and enrichment, the polymineral potassium salts of the sulfate type and kainite-langbeinite composition of the deposits of the Precarpathian trough are significantly different from the most common potassium salts of the chloride type and sylvite composition in the world. First of all, potassium salts of the Precarpathian deposits are characterized by significantly lower contents of the useful component at the level of 9-11% K2O, very high contents of insoluble residue at the level of 11-20%, as well as significant contents of sodium chloride (about 30%). It is according to these indicators that changes should be made to the "Codifier of Minerals / Appendix 13 to the Tax Declaration on Rent Payments", and all these features should be taken into account in the geological and economic assessment.

На відміну від найбільших у світі родовищ калійних руд із переважно сільвінітовим мінеральним складом (Канада, рф, Білорусь), для Передкарпатського прогину в Україні та Румунії притаманні родовища із переважанням таких калієвмісних мінералів як каїніт,

лангбейніт, полігаліт та інші, які отримали назву полімінеральних калійних руд. Лише в межах України розвідано понад 20 родовищ полімінеральних руд.

В межах Передкарпатського прогину, що простягається по території України смугою довжиною 230 км і шириною 25-60 км від Польщі до Румунії розвідано понад 20 родовищ калійних солей, з яких найбільшими є Стебницьке та Калуш-Голинське (група Калуш-Голинських родовищ: Сивка-Калуське, Домбровське, Пійло, Голинське) (рис. 1.).

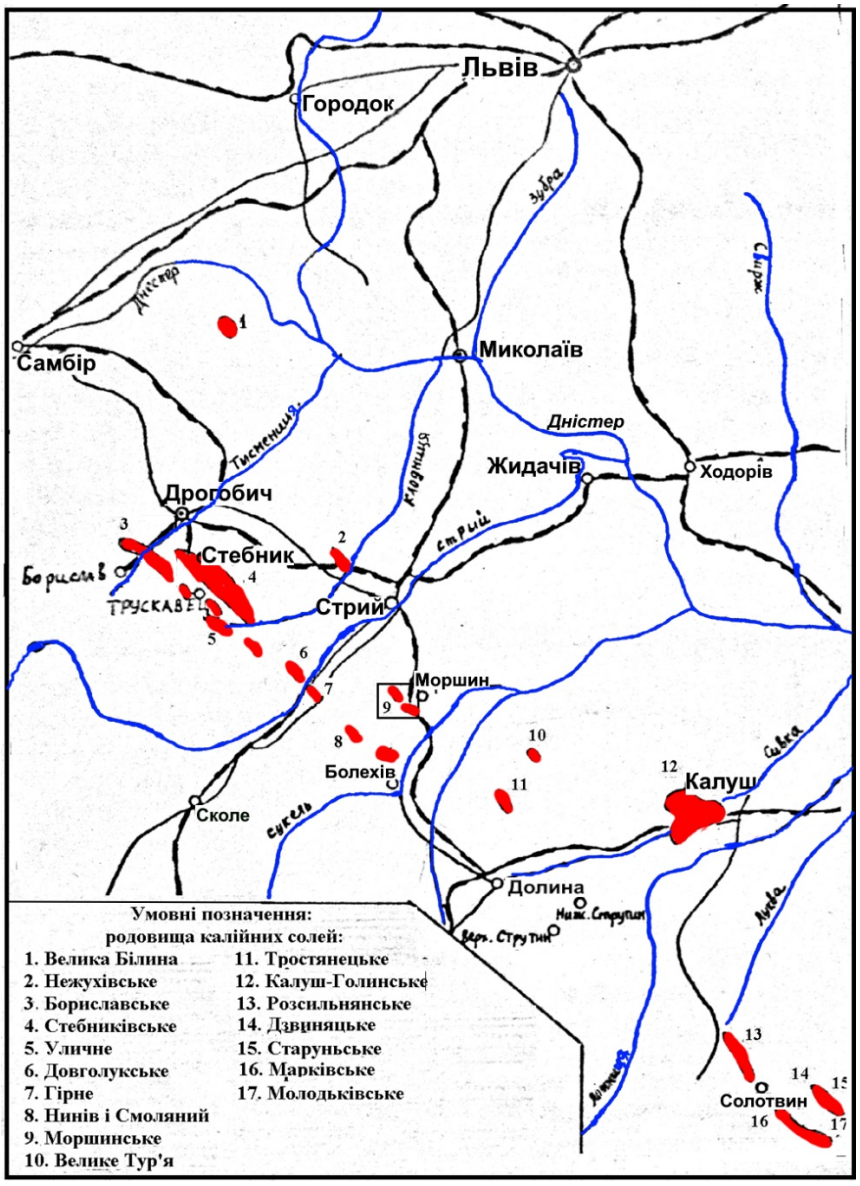


Рис. 1. Просторова локалізація родовищ калійних солей, розвіданих в межах Передкарпатського прогину

Особливості мінерального складу родовищ калійних солей Передкарпатського прогину. Калійні руди родовищ Передкарпаття характеризуються багатоманітністю і непостійністю мінерального складу, до якого входить понад 20 хлоридних, сульфатних і хлоридно-сульфатних мінералів.

За хімічним складом поклади ралійних руд Передкараптського прогину відносяться до солей сульфатного типу. Вони характеризуються дуже складним і своєрідним комплексом соляних мінералів і винятково великим вмістом глинистого матеріалу (10-15%, іноді до 25 %). Головними породами калійних солей є каїнітова, лангбейнітова, каїніт-лангбейнітова і полімінеральна. У них найбільше поширені каїніт – $KMg[Cl,SO_4]\cdot 3H_2O$ лангбейніт – $K_2Mg_2(SO_4)_3$, в меншій мірі полігаліт – $K_2MgCa_2[SO_4]_4\cdot 2H_2O$, кізерит – $MgSO_4\cdot H_2O$, сильвін, карналіт – $KMgCl_3\cdot 6H_2O$, шеніт

$-K_2Mg[SO_4]_2 \cdot 6H_2O$, леоніт $-K_2Mg[SO_4] \cdot 4H_2O$, астраханіт $Na_2Mg[SO_4]_2 \cdot 4H_2O$, ангідрит, рідко трапляються вантгофіт - $Na_6Mg[SO_4]_4$, левеїт $Na_2Mg[SO_4]_2 \cdot 2{,}5H_2O$. Невід'ємною складовою частиною є галіт. У зонах гіпергенезу соляних відкладів утворюються гіпс, калушит (сингеніт) $K_2Ca[SO_4]_2 \cdot H_2O$, мірабіліт та ін.

Важливу роль в складі калійних порід відіграє глинистий і алеврито-піщаний теригенний матеріал, який також треба зачислити до основних породотворних компонентів і який часто описується під загальним терміном “нерозчинний залишок”. З мінералогічної точки зору, в “нерозчинному залишку” домінують кварц, хлорит та гідрослюда, з підпорядкованим значенням польового шпату, кальциту і доломіту.

Відмінною рисою руд Прикарпаття, порівняно з аналогічними закордонними родовищами (Румунія), є строкатість мінералогічного складу (навіть у межах однієї ділянки видобутку) і надзвичайно високий вміст глинисто-мулисто-піскової фракції, тобто нерозчиненого залишку, що досягає 20 % і вище.

Ці мінерали формують найбільш поширені і каїніто-лангбейнітові руди, вміст каїніту у яких коливається від 12 до 25 %, лангбейніту від 10 до 20 %, галіту – від 30 до 40 %, нерозчинного залишку (глинисто-мулисто-піщаного компоненту) від 10 до 30 %, що у вигляді тонких прошарків та вкраплень міститься також полігаліт від 4 до 10 %, а також лангбейніт-каїнітові (припереважанні каїніту), рідше переважно каїнітові та переважно лангбейнітові руди, а також, значно рідше каїніт-кізеритові, сильвінітові руди [1]. Крім Калуш-Голинського та Стебницького родовищ, добре розвіданими і перспективними для видобутку є Бориславське (каїніто-лангбейнітова руда), Марково-Розсильнянське (лангбейніто-каїнітова руда), Нежуховське (каїніто-кізерітова руда) і Тростянецьке (лангбейнітова руда). Середній мінералогічний склад руди основних Прикарпатських родовищ наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Мінералогічний склад (мас. %) полімінеральних руд Прикарпаття

Мінерал	Родовища									
	Калуш-Голинське				Стебницьке	Бориславське	Марково-Розсільнянське		Нежухівське	Тростянецьке
	Голинь	Сивка Калуська	Домброво	Пійло			Розсільна	Марково		
Каїніт	26,17	23,18	17,07	13,41	15,98	21,99	18,56	9,21	26,97	2,59
Лангбейніт	3,20	2,45	16,04	5,53	10,95	11,86	13,41	24,20	6,99	24,16
Сильвін	8,80	9,01	4,36	9,76	4,44	2,18	3,70	2,58	5,14	3,44
Полігаліт	4,40	4,86	7,24	5,67	6,33	10,82	7,74	8,40	4,16	9,50
Галіт	38,60	39,45	27,67	35,31	35,78	22,76	28,71	29,63	33,47	30,10
Шеніт	0,80	0,52	2,39	0,85	0,30	0,67	0,68	2,33	0,01	2,83
Леоніт	-	-	-	-	-	1,23	0,20	0,79	0,22	-
Кізерит	3,10	2,84	6,82	7,08	4,00	3,34	7,12	2,70	10,72	6,73
Епсоміт	0,20	0,02	0,42	-	3,50	1,36	2,77	4,51	-	2,63
Карналіт	1,59	0,76	0,17	0,43	0,20	0,07	-	-	0,11	-
Глазерит	-	-	0,21	-	-	0,42	-	-	-	-
Астраханіт	-	-	0,42	-	-	0,14	-	-	-	-
Тенардит	-	-	0,54	-	-	-	-	-	-	-
Мірабіліт	-	-	0,10	-	-	-	-	-	-	-
Ангідрит	1,20	1,73	0,34	2,14	-	0,87	0,68	0,83	1,20	0,30
Гіпс	0,02	-	0,09	-	-	0,02	-	-	-	-
Левеїт	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-
Н.з. (глина, мул, пісок)	10,60	13,09	14,84	17,34	16,84	18,97	14,00	13,71	8,97	15,45

Як випливає з табл. 1, найпоширенішим калійним та магнієвим мінералом полімінеральних руд Передкарпатського прогину є каїніт. Каїніт – перший калійний мінерал, виявлений у Прикарпатті. У 1868 р. О. Хінгенау (O.Hingenau) повідомив, що власне каїнітові порода в Калуші була відкрита Бенедиктом Маргулісом, який встановив, що каїніт у родовищі переважає над сильвіном. Каїнітова порода є найбільш поширеною серед калійних порід Прикарпаття, є досить однотипною, переважно дрібнозернистою і має сірувато-жовтий, голубувато-жовтий, рідше червонувато-жовтий кольори. До її складу входять здебільшого галіт і каїніт з незначною домішкою полігаліту (3-10 %) та глинисто-мулисто-піщаного матеріалу (6-25 %). У залежності від кількісного співвідношення основних компонентів галіту і каїніту виділяються дві основні групи каїнітових порід: власне каїнітові (вміст галіту 20-40 %, каїніту 35-60 %) і каїніт-галітова (вміст галіту 40-50 %, каїніту 20-35 %). Але макроструктурно ці дві породи за текстурними і структурними особливостями суттєво не відрізняються одна від одної.

Другим поширеним калійним мінералом є лангбейніт як продукт осадження залишкових згущених калійно-магнієвих високомінералізлваних розчинів. Підвищення температури і тиску в період пізнього діагенезу також може сприяти утворенню лангбейніту з іншими нестабільними мінералами соляних покладів. Саме тому вміст лангбейніт у різних родовищах Передкарпатського прогину суттєво змінюється від менше 2,5 % до понад 24 %.

Специфіка дорозвідки родовищ калійних солей Передкарпатського прогину. Детально розвідати поклади калійних солей Передкарпатських родовищ способами, які зазвичай використовують для інших корисних копалин, практично неможливо через ризики збільшення ймовірності водопритоків і як наслідок активізації соляного карсту через кожну розвідувальну свердловину. Адже навколо кожної розвідувальної свердловини, яка «підрізала» продуктивний поклад, при проєктуванні експлуатації – відробки камерним способом, передбачається охоронні цілики (рис. 2).

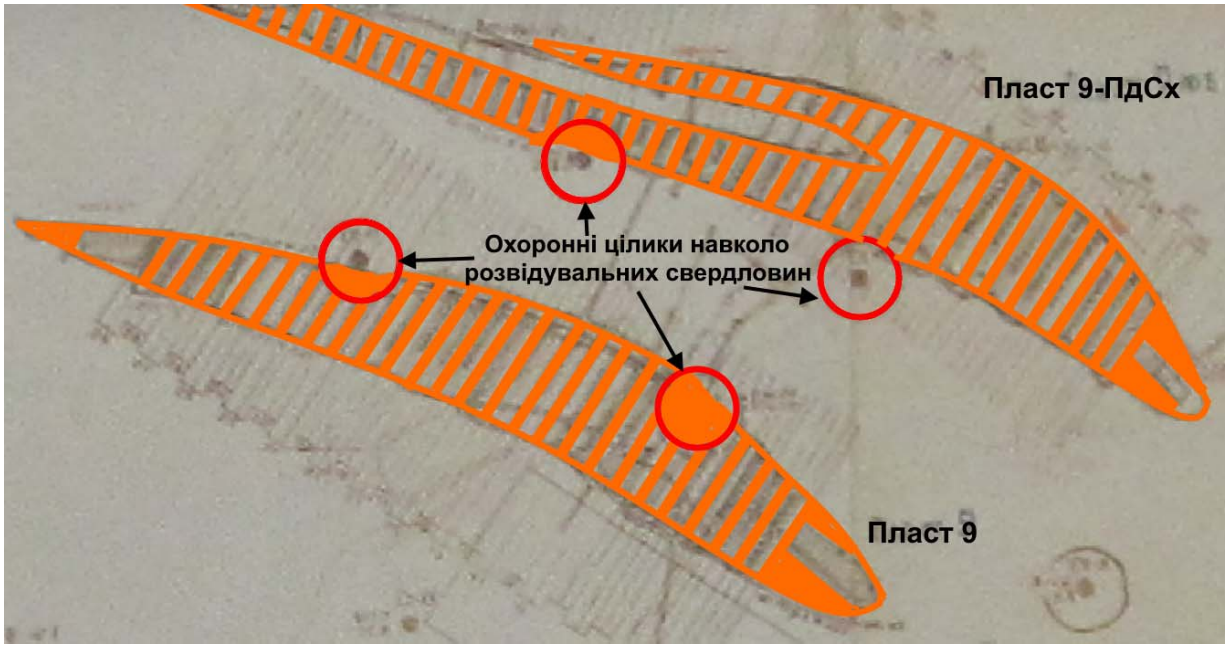


Рис. 2. Охоронні цілики, навколо кожної розвідувальної свердловини, які «підрізали» пласти № 9 та 9-ПдСх Стебницького родовища, в межах яких відробка запасів заборонена

Саме тому, детальна дорозвідка родовищ калійних солей Передкарпатського прогину, можлива лише підземним способом, при проходці гірничих виробок із розбурюванням пластів, без виходу стовбурів свердловин на поверхню. Саме так проводилась дорозвідка Стебницького та Калуш-Голинської групи родовищ, що дозволило суттєво приростити первинно-розвідані запаси та підвищити їхню достовірність.

Ось чому нині оцінені та розвідані запаси понад 20 родовищ калійних солей Передкарпатського прогину, потребують дорозвідування саме таким способом, що дозволить більш реально оцінити реальні запаси у бік суттєвого збільшення. Єдина проблема, полягає у тому, що такий спосіб розвідування значно дорожчий та можливий лише за умови, коли потенційний надрокористувач відразу після підрахунку запасів, розпочне видобуток.

Проблеми видобування та збагачення родовищ калійних солей Передкарпатського прогину. Досвід видобування калійних солей із Стебницького та Калуш-Голинської групи родовищ Передкарпатського прогину, вказує на те, що потенційні надрокористувачі повинні належним чином оцінити ризики появи та зростання водопритоків, а також катастрофічного розвитку соляного карсту, які можуть призвести до припинення надрокористування та створення низки екологічних проблем. Саме тому, будь-які, навіть найменші водопритоки маю бути належним чином вивчення та вчасно ліквідовані різними способами у тому числі побудовою гідроізоляціних перемичок.

За розчинністю у воді, умовно усі мінерали полімінеральних руд родовищ Передкарпатського прогину можна розбити на 3 групи:

1) легкорозчинні (сильвін, каїніт, епсоміт, шеніт, леоніт, карналіт, астраханіт, глазерит, бішофіт, галіт);

2) важкорозчинні (лангбейніт, кізерит);

3) практично нерозчинні (полігаліт, ангідрит, сингеніт, гіпс).

Головними специфічними особливостями полімінеральних калійних руд Стебницького, Калуш-Голинського та інших родовищ Передкарпатського прогину є:

1) неоднорідність мінерального складу;

2) домінування переважно каїніт-лангбенітового мінерального складу;

3) порівняно невисокий вміст у полімінеральних рудах калію (9-11 % у перерахунку на K_2O);

4) обмежена, (погана) розчинність одного з головних калієвмісних мінералів (лангбейніту);

5) досить значний вміст глинисто-мулисто-піскової фракції

Усі ці специфічні особливості суттєво ускладнюють технологію збагачення полімінеральних калійних руд Стебницького, Калуш-Голинського та інших родовищ Передкарпатського прогину [2, 3].

Мінеральний склад не тільки різних родовищ, але й окремих покладів в межах одного родовища суттєво відрізняються, зокрема в межах Стебницького родовища (табл. 2).

Таблиця 2. Мінеральний склад калійної руди 3-4 горизонтів рудника № 2 (у мас. %)

№ п/п	Компоненти	Пласт Основний	Нижня лінза пласта Основний	Пласт № 10-Пд-Сх”	Пласт № 10-Пн-Зх”	Пласт № 11	Пласт № 14	Середнє по 3-4 горизонтах
1	галіт	35,4	36,4	33,4	32,8	29,0	37,3	35,9
2	каїніт	26,0	32,5	31,3	41,6	40,0	23,0	29,4
3	лангбейніт	14,0	8,9	4,0	2,6	0	11,5	10,6
4	полігаліт	9,2	8,1	9,0	6,1	6,1	7,9	8,6
5	кізерит	2,3	1,5	4,5	0,4	0,4	0	0,5
6	епсоміт	0	0	0	1,4	1,4	3,4	0
7	сільвін	0,8	0,5	2,1	0,7	0,7	1,6	0,6
8	карналіт	0,1	0	0,5	0	0,3	0,3	0,2
9	ангідрит	0	0	0	0	2,9	0	0
10	нерозчинний залишок	15,3	12,4	15,6	14,9	20,2	12,4	14,3

Як бачимо з табл. 2, мінеральна сировина видобута з одного родовища може бути досить неоднорідною і відрізнятися між собою за вмістом каїніту від 23 до 41 %, лангбейніту від 0 до 14 %, нерозчинного залишку від 12 до 20 %, а це змінює швидкість розчинення, насиченість, густину та іншими властивості розчину, що суттєво впливає на процеси збагачення та його ефективність.

Глибоке збагачення та перероблення таких руд згідно зі стандартними флотаційними та галургійними технологіями передбачає їх подрібнення, розчинення у воді, флотаційну сепарацію від галітових відходів разом із лангбейнітовим концентратом, осадження та виведення із технологічного процесу глинисто-мулисто-піщаного матеріалу, кристалізацію калімагнезії та низку інших операцій [4, 5].

Технологічна схема переробки калійно-магнієвих руд з домінантниним каїніт-лангбейнітовим складом Стебницького та Калуш-Голинського родовищ розроблялися у Всесоюзному науково-дослідному інституті галургії (ВНДІГ), м.Ленінград, рф. Для Стебницького родовища в якості основного був обраний флотаційний метод збагачення, а для Калуш-Голинського родовища головно флотаційно-галургійний спосіб збагачення та переробки полімінеральних калійних руд [6, 7].

В обидвох випадках технології полягала у розчиненні калійних соляних порід гарячою водою, додаванні флотореагентів, осадженні нерозчинного залишку і відокремленні від галіто-лангбейнітового осаду висвітленої висококонцентрованої ропи та кристалізації з неї калі-магнезії, а також намаганнями поглибленого перероблення галургійними технологіями на хімічній збагачувальній фабриці у Калуші. Проте полімінеральний склад калійних руд і високий вміст у них глинистого матеріалу (10-15 %, іноді до 20% і більше) значно ускладнювали застосовані технології їх переробки. Практично ці технології виявилася дуже недосконалими. У відходи потрапляли не тільки глинистий матеріал і недорозчинений полігаліт і галіт, але й ропа з високим вмістом хлористого натрію та калійно-магнієвих солей. На практиці технологія збагачення виявилась недосконалою та вкрай неефективною, а саме:

1) із 1 тонни калійних руд, внаслідок флотаційного збагачення утворювалось 700-800 кг відходів, у тому числі практично половина калію і магнію;

2) у відходи потрапляли не тільки нерозчинний залишок глинисто-мулисто-піщаного складу, але й недорозчинені лангбейніт та полігаліт, а також галіт та ропа з високим вмістом хлористого натрію та калійно-магнієвих солей;

3) готовий продукт «Каліймаг» містив підвищений вміст галіту;

4) хлорид натрію у значних об’ємах йшов у відходи;

5) утворювались значні об’єми відходів, які призводили до пришвидшеного переповнення хвостосховища;

6) переповнення Стебницького хвостосховища, опосередковано стало причиною аварії та регіональної екологічної катастрофи, внаслідок прориву його дамби 15 вересня 1983 р. та виливу у р. Дністер 4,5 млн м^3 високонцентрованої ропи;

7) для процесу збагачення були притаманні значні енергетичні затрати;

8) побічним наслідком температурного та реагентного (кислотного) впливу на хлоридні солі стало забруднення атмосферного повітря хлором;

9) Для Стебницької збагачувальнохї фабрики, після її зупинки в 1983 році на реконструкцію, була розроблена технологія перероблення руди галургійним методом з попередньою її гідратацією (шенітизацією) з метою поліпшення розчинності і підвищення коефіцієнта витягу калію до 70…80 %. Однак показники вихідних даних не були підтверджені при реальній роботі фабрики, оскільки реконструкція так і не була здійснена. Через аварію хвостосховища 15 вересня 1983 року, об’єми видобутку та збагачення скоротили, а у 1988 році, через низьку ефективність, високу енергоємність, значний відсоток втрат (40-50 %) корисних компонентів, переповнення хвостосховища, її робота повністю припинена, і виведена з експлуатації у сподіванні на реконструкцію, яка через економічні проблеми так і не відбулась.

Необхідність змін підходу до класифікації родовищ калійних солей Передкарпатського прогину. Приведені дані дають підстави стверджувати, що полімінеральні калійні солі сульфатного типу та каїніт-лангбейнітового складу, за особливостями мінерального складу та проблем зі збагаченням, суттєво відрізняються від найбільш поширених у світі та найширше представлені на світовому ринку калійних солей хлоридного типу та сильвінового мінерального складу, а саме значно нижчими вмістами корисного компоненту на рівні 9-11 % K_2O (у сильвінових родовищах він зазвичай стонить щонайменше 16-17 %, а досить часто і 20-25 % і навіть 30 % і більше, аж до понад 60 % у чистому сільвіні), дуже високими вмістами нерозчинного залишку на рівні 11-20 %, а також значними вмістами хлористого натрію (біля 30 %). Саме за цими показниками у «Кодифікатор корисних копалин / Додаток 13 до Податкової декларації з рентної плати» [8] необхідно внести зміни.

На сьогодні у розділі 1.3.04.00 Сировина хімічна «Кодифікатору…» є дві позиції: 1.3.04.11 Сіль калійна та 1.3.04.12 Сіль магнієва, а у розділі 1.3.05.00 Сировина агрохімічна є одна позиція 1.3.05.07 Сіль калійна. Вважаємо, що ці позиції не дають потенційним надрокористувачам уявлень про вищевказані особливості. Саме тому, на наш погляд у кодифікатор слід внести наступні зміни:

у розділі 1.3.04.00 Сировина хімічна

- 1.3.04.11а Сіль калійна хлоридного типу (сильвінова);
- 1.3.04.11б Сіль калійно-магнієва сульфатного типу (каїніт-лангбейнітова);
- 1.3.04.12 Сіль магнієва – залишити без змін за умови, що мова йде не про каїніт-лангбейнітові солі, де вказано, що сіль калійно-магнієва;

у розділі 1.3.05.00 Сировина агрохімічна

- 1.3.05.07а Сіль калійна хлоридного типу (сильвінова);
- 1.3.05.07б Сіль калійно-магнієва сульфатного типу (каїніт-лангбейнітова).

Усі вказані особливості повинні враховуватись при геолого-економічній оцінці.

Список використаних джерел:

1. Ерайзер Л. М. Перероблення полімінеральних руд Прикарпаття в калійні добрива методом сульфатного вилуговування: [монографія] / Л. М. Ерайзер, Л. В. Іванченко. – Одеса : Екологія, 2015. – 136 с.
2. Кропивницька Л.М. Одержання лангбейнітового концентрату з галіто-лангбейнітового залишку калійних руд Прикарпаття: дис. … канд. техн. наук: 05.17.01 /Л.М. Кропивницька. – Львів, 2002. – 130 с.
3. Карпець М.В. Дослідження процесу розчинення полімінеральної калійної руди Прикарпаття в сольових розчинах /М.В. Карпець // Вопросы химии и химической технологи. – Дніпропетровськ. – 2007. - № 6. – С. 94-96.
4. Карпець М.В. Полімінеральні калійні руди Прикарпаття. Перероблення з розчиненням у воді. /М.В. Карпець, І.Ю. Костів //Хімічна промисловість України. – 2007. - № 2. – С. 29-32.
5. Хацевич О.М. Технологія перероблення полімінеральної калійної руди з конверсією важкорозчинних мінералів у каїніт: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.17.01 «Технологія неорганічних речовин» /О.М. Хацевич. – Львів, 2007. – 20 с.
6. Яворський В.Т. Нові технології перероблення полімінеральних калійних руд Прикарпаття /В.Т. Яворський, Т.В. Перекупко, К.І. Блажівський, І.Є. Максимович //Збірник наукових праць ІІІ Української науково-технічної конференції з технології неорганічних речовин «Сучасні проблеми технології неорганічних речовин». – Дніпропетровськ, 2006. – С. 70-71.
7. Яремчук Б.М. Деякі нові підходи до переробки полімінеральних калійних руд Прикарпаття /Б.М. Яремчук, З.В. Варивода [та ін.] //Хімічна промисловість України. - 1995. – № 2. – С. 45-49.
8. Кодифікатор корисних копалин / Додаток 13 до Податкової декларації з рентної плати // https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1051-15

УДК 553:550.812 (477.8)

ГЕОЛОГІЧНЕ ВИВЧЕННЯ ТЕРИКОНІВ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО ВУГІЛЬНОГО БАСЕЙНУ ЯК ТЕХНОГЕННИХ РОДОВИЩ БУДІВЕЛЬНОЇ СИРОВИНИ

Курепа Я.С.[1]*, канд. геол. наук, ser_lukas@ukr.net;*
Чертова Д.С.[1,2]*, аспірантка, dariia.chertova@gmail.com;*
1 – ТОВ «ДРІВ ГЕО», м. Рівне, Україна,
2 – КНУ імені Тараса Шевченка, ННІ «Інститут геології», м. Київ, Україна

Розглянуто будову вугільних териконів Львівсько-Волинського басейну. У зв'язку з горінням відвалів, утворюються нові матеріали, що можуть бути використані у різноманітних будівельної промисловості. В роботі запропоновано методику геологічного вивчення териконів вугільних шахт як техногенних родовищ будівельної сировини.

GEOLOGICAL EXPLORATION OF COAL MINE WASTE HEAPS IN THE LVIV-VOLYN COAL BASIN AS TECHNOGENIC DEPOSITS OF CONSTRUCTION RAW MATERIALS

Kurepa Ya.[1]***,*** *Cand. Sci. (Geol.), ser_lukas@ukr.net;*
Chertova D.[1,2]*, postgraduate student, dariia.chertova@gmail.com;*
1 – Limited liability partnership «DRIV GEO», Rivne, Ukraine,
2 – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

The structure of coal waste terrikons in the Lviv-Volyn Basin has been examined. Due to ongoing processes within the dumps, new materials are formed, which can be used in various industrial sectors. The study presents a methodology for the geological exploration of coal mine waste heaps for their use as construction raw materials.

Вступ. Пошуково-розвідувальні роботи на кам'яне вугілля розпочаті ще до 40-х років XX ст. У 1950 році розпочалось освоєння Львівсько-Волинського вугільного басейну. В регіоні було збудовано 23 шахти, з яких 6 наразі є діючими.

При розробці шахт у відвали потрапляють не лише вміщуючі вугілля породи, а й усі інші, що видобуваються як при проходці стовбурів шахт, так і протягом всього періоду розвитку гірничих робіт діючих виробок. Тому, терикони вугільних шахт складені як глинистими породами – аргілітами та алевролітами, що вміщували прошарки вугілля, так і іншими супутніми гірськими породами, такими як пісковики, мергелі, вугілля тощо.

На території Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну розташовані 55 відвалів у вигляді териконів, у тому числі 44 недіючих [2].

Відвали пустих порід становлять серйозну екологічну небезпеку для регіону вуглевидобування. Особливо негативний вплив з-поміж них мають горючі терикони, температура всередині яких може перевищувати 1000°C [1]. В межах Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну налічується 26 горючих та горілих териконів. Усі вони характеризуються розвитком процесів техногенного пірометаморфізму, що призводять до радикальної зміни фазового складу відвальної маси.

Актуальність. Для Львівсько-Волинського вугільного басейну гостро постає питання утилізації відходів вуглезбагачення. Особливість цього басейну – необхідність розробки великої кількості порожніх порід і складування їх у відвали та терикони, а також відсутність місцевої щебеневої сировини.

Основними споживачами шахтних відвальних порід є дорожнє, цивільне, промислове та гідротехнічне будівництво. Ці відходи використовуються для виготовлення цегли, керамічних виробів, аглопориту, керамзиту, легких пористих блоків та конструкцій, бетонів та розчинів, у транспортному та гідротехнічному будівництві [3].

Запаси шахтних відвальних порід Львівсько-Волинського вугільного басейну становлять десятки мільйонів кубічних метрів. Терикони переважно розміщені поблизу автомобільних доріг, доступні та зручні для розробки.

Актуальність теми визначається наявністю значних обсягів будівельної сировини техногенного походження, що потребують геологічного вивчення з метою подальшого отримання спеціального дозволу на видобування.

Геологічне вивчення териконів. Терикони являють собою насипні відвали пласкої або конусоподібної форми, висотою від перших десятків до сотні метрів. Вони мають косошарувату будову. У горілих териконах нерівномірний розігрів породи та високі температури, що сягають межі плавлення речовини, ускладнюють неоднорідність будови відвалу. При цьому, процес горіння може зачіпати не весь об'єм терикону.

В межах териконів ми виділяємо наступні види техногенних утворень:

- спечена техногенна брекчія;
- піщано-щебенева суміш;
- аргіліти та алевроліти вуглисті.

Спечена техногенна брекчія має червоно-буре забарвлення та уламкову структуру. Уламки кутасті, розміром від перших сантиметрів до перших метрів і представлені температурно зміненими аргілітами та алевролітами. Зазвичай вони є пористими й афанітовими. Серед текстурних особливостей можна зазначити флюїдальність та/або сланцюватість уламків. Остання характерна для менш метаморфічно змінених зон. Цемент – контактовий. У зонах дії максимальних температур серед спеченої техногенної брекчії виділяються ділянки, складені дуже міцним монолітним різновидом (паралава). Спечена техногенна брекчія залягає серед піщано-щебеневої суміші витриманими шарами потужністю до 4 м по всьому тілу терикона.

За даними поточних робіт та попередніх лабораторних досліджень [3] межа міцності на стиснення спеченої техногенної брекчії змінюється від 7 до 120 МПа. Тому ці породи відповідають IV-VI категорії за буримістю.

Піщано-щебенева суміш темно-коричнева, червоно-чорна, темно-сіра, складена кутастими уламками різних фракцій, слабко зцементована, сипка. Уламки переважно кутасті і представлені аргілітами, алевролітами, пісковиками, переважно пірометаморфічно зміненими, з розміром фракції від піщаної (<1 мм) до валунів і брил (>70 мм) з переважанням щебеневої. Пісок в складі суміші наявний за рахунок подрібненого аргіліту, алевроліту, пісковику, а також за рахунок захисного насипу, утвореного з природних покладів пісків, що залягають навколо відвалів. Піщано-щебенева суміш складає основну частину об'єму тіл териконів.

Сипучість піщано-щебеневої суміші створює труднощі при бурінні. Через слабку цементацію уламків між собою, при проходженні свердловин буровою установкою зберігається висока вірогідність обсипки стовбуру свердловини та заклинювання бурового інструменту.

Аргіліти та алевроліти вуглисті темно-сірого до чорного забарвлення, афанітові, тріщинуваті, сланцюваті. Мають підвищений вміст вуглистої речовини. За ступенем термічної обробки фактично незмінені і є переважно свіжими відходами вуглезбагачення. За своїми властивостями мають відносно низьку механічну міцність і легко зазнають природного подрібнення [3]. Незмінені породи залягають по периферії териконів.

Властивості порід, якими складені горілі терикони вуглевидобувних шахт, визначають основні напрямки їх геологічного вивчення як будівельного каміння, гравію, піску та глинистих порід. Основні вимоги до геологічного вивчення за цими напрямками викладені в «Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ будівельного й облицювального каменю» (ДКЗ України, 2003), «Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ піску та гравію» (ДКЗ України, 2007) та «Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ глинистих порід» (ДКЗ України, 2004).

Геологічне вивчення териконів вуглевидобувних шахт потребує виваженого підходу та ретельної підготовки. Воно зводиться до визначення:

- будови тіла відвалу та його розподіл на горілу та негорілу частини;

- об’єму щебеневої сировини, яка потребує подрібнення, та тієї, що потребує лише розсіву;

- якісних властивостей техногенних утворень і природних порід, що складають відвал, а в окремих випадках і технологічних властивостей.

Розвідку техногенних родовищ належить проводити свердловинами колонкового буріння, шурфами, канавами у природніх і штучних відслоненнях. Розвідувальні свердловини проходять вертикально або похило на всю потужність продуктивного покладу. Шурфами, канавами та відслоненнями вивчаються важкодоступні для бурової техніки ділянки терикону та його схили.

Неоднорідна будова териконів вуглевидобувних шахт зумовлює застосування розвідувальної мережі, що відповідає родовищам будівельного каміння другої групи за складністю геологічної будови. Переважаюча конусоподібна форма териконів ускладнює формування рівномірної мережі розвідувальних виробок.

Під час проведення розвідки свердловинами колонкового буріння для забезпечення виходу керну на рівні 80% необхідно застосовувати скорочені рейси та використовувати клейкий глинистий буровий розчин. Проте, навіть такий метод проведення бурових робіт не вирішує проблему руйнування та подрібнення слабко піролізованих порід.

Аналіз відсоткового виходу піску при розситуванні проб з керну свердловин, шурфів та відслонень, вказує на те, що у свердловинах частка піску в піщано-щебеневих сумішах в середньому на 7% більша за частку, отриману в результаті розсіву матеріалу відібраного з шурфів та відслонень. Також у керні свердловин є меншою відсоткова частка валунів і більша частка щебеню розміром 70-40 мм. Тому, при розвідці горілих териконів, кількісний склад піщано-щебеневих сумішей слід обов’язково вивчати за допомогою шурфів, відслонень або канав.

Для отримання надійного кількісного співвідношення уламків різного розміру в складі тіла терикону слід проводити дослідно-промислову розробку.

Якісні показники спеченої техногенної брекчії та паралави у її складі слід оцінювати за ДСТУ Б В.2.7-241:2010 «Камінь бутовий. Технічні умови», а також за ДСТУ Б В.2.7-75-98 «Щебінь і гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови». Піщано-щебеневі суміші з горілих териконів вуглевидобування слід оцінювати за ДСТУ Б В.2.7-206-2009 «Сировина для виробництва піску, гравію та щебеню із гравію для будівельних робіт. Технічні умови», а окремі уламки слабко піролізованих осадових порід (аргілітів, алевролітів і пісковиків) у їх складі за ДСТУ Б В.2.7-75-98. Суміші різних фракцій щебеню можна оцінювати на відповідають вимогам ДСТУ 9177-2:2022 «Матеріали щебеневі та гравійні для дорожнього будівництва. Технічні умови. Частина 2. Матеріали неукріплені» та ДСТУ Б В.2.7-204:2009 «Щебінь із природного каменю для баластного шару залізничної колії. Технічні умови». Пісок з відсівів дроблення піролізованих осадових порід та пісок, що утворюється в наслідок просіювання піщано-щебеневої суміші, слід оцінювати за ДСТУ Б В.2.7-210:2010 «Пісок із відсівів дроблення виверженых гірських порід для будівельних робіт. Технічні умови», ДСТУ Б В.2.7-29-95 «Дрібні заповнювачі природні, із відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів конструкцій та робіт. Класифікація» і ДСТУ Б В.2.7-32-95 «Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови».

Відвали вуглевидобування, що складені неспеченими осадовими породами, слід оцінювати у відповідності до ДСТУ Б В.2.7-9-94 «Будівельні матеріали. Сировина глиниста органо-мінеральна з відходів вуглевидобутку та вуглезбагачення для керамічних виробів. Технічні умови». Також в них слід визначати вміст вуглецю і сірки. Якісні показники уламків пісковиків, які можуть знаходитися у складі таких утворень, оцінюються за ДСТУ Б В.2.7-75-98.

Усім техногенним утворенням з відвалів вуглевидобування слід належить надавати радіаційно-гігієнічну оцінку у відповідності до Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97) та «Вимог до оцінки природної радіоактивності корисних копалин при проведенні геологорозвідувальних робіт на родовищах будівельної сировини» (ДКЗ України, 1997).

Висновки. Розвідка техногенних родовищ сприяє розвитку мінерально-сировинної бази в регіоні. Геологічне вивчення териконів вугільних шахт, із застосуванням комплексного підходу та запропонованих нами методичних рішень, зумовлює повне визначення кількості, якості та технологічних властивостей порід, що їх складають. Це в свою чергу дозволить встановити ефективні напрямки використання техногенних утворень у якості будівельної сировини.

Список використаних джерел:

1. Бабаджанова О.Ф., Сукач Ю.Г., Сукач Р.Ю. Чинники пожежної небезпеки природних відвалів вуглевидобування. Збірник наукових праць ЛДУ БЖД. Пожежна безпека, 2012, №20. С. 137-143.

2. Зубов О.Р., Зубова Л.Г., Зубов А.О. Оцінювання впливу териконів на екологічний стан агроландшафтів. Науковий вісник НЛТУ України. 2019, т. 29, № 9. С. 50-59.

3. Мовчан М.І., Акімов Д.М. Використання шахтних відвальних порід Львівсько-Волинського вугільного басейну у дорожньому будівництві. Національний університет «Львівська політехніка». 2011. С. 175-179.

УДК 377:550(477.83)

ДОЦІЛЬНІСТЬ ТА НЕОБХІДНІСТЬ ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЇ ПРОГРАМИ «ГЕОЛОГІЯ, РОЗВІДКА І РОЗРОБКА БУДІВЕЛЬНОЇ СИРОВИНИ» НА ГЕОЛОГІЧНОМУ ФАКУЛЬТЕТІ ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА

Гайовський О.В., *к. геол. н, доцент, ogayovskyi@gmail.com,*
Павлунь М.М., *д геол. н, професор, mykola.pavlun@lnu.edu.ua,*
Петрівський П.В., *380636403454p@gmail.com,*
Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна

Освітньо-професійну програму (ОПП) «Геологія, розвідка і розробка будівельної сировини» за спеціальністю Е4 Науки про Землю галузі знань Е Природничі науки, математика та статистика для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти розроблено на основі положень Стандарту вищої освіти за спеціальністю 103 Науки про Землю для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, який затверджено Міністерством освіти і науки України (Наказ № 730 від 24.05.2019 р.).

THE APPROPRIATENESS AND NECESSITY OF THE EDUCATIONAL AND PROFESSIONAL PROGRAM «GEOLOGY, EXPLORATION AND DEVELOPMENT OF BUILDING RAW MATERIALS» AT THE GEOLOGICAL FACULTY OF IVAN FRANKO NATIONAL UNIVERSITY OF LVIV

Haiovskyi O., *Cand. Sci. (Geol.), Assoc, Prof., ogayovskyi@gmail.com,*
Pavlun M., *Dr. Sci. (Geol.), Professor, mykola.pavlun@lnu.edu.ua,*
Petrivskyi P.*, 380636403454p@gmail.com,*
Ivan Franko National University of Lviv, Ukraine

Educational and professional program (EPP) «Geology, exploration and development of building materials» in the specialty E4 Earth Sciences, field of knowledge E Natural Sciences, Mathematics and Statistics for the first (bachelor's) level of higher education developed on the basis of the provisions of the Higher Education Standard in specialty 103 Earth Sciences for the first (bachelor's) level of higher education, which was approved by the Ministry of Education and Science of Ukraine (Order No. 730 dated May 24, 2019).

Вступ. Надра України, особливо її західних регіонів, надзвичайно багаті і розмаїті ресурсами будівельної сировини, які здатні задовольнити наявні та перспективні потреби будівельних організацій країни. Утім безперервне зростання об’ємів будівельних робіт, підвищення вимог до якості й архітектурного рівня будівництва, необхідність зменшення витрат на будівництво й ремонт будівель і споруд вимагають постійного збільшення виробництва будівельних матеріалів та розширення їхнього асортименту. Разом із традиційними видами гірських порід (піски, глини, вапняки, граніти та інші) останніми роками у вигляді сировини для виробництва будівельних матеріалів використовують нові види корисних копалин: воластоніт, ріоліт, фарфорове каміння, шунгіт та інші, перелік яких безперервно розширюється.

Виклад основного матеріалу. Відсутність у ЗВО України освітньо-професійної програми з геології, розшуків і розвідки нових і традиційних видів мінеральної будівельної сировини, з одного боку, уповільнює й стримує темпи вивчення їхніх родовищ і залучення в промислове освоєння через брак компетентних фахівців, а з другого боку, стимулює до заповнення такої «ніші» в академічному середовищі. У зв’язку з цим на геологічному факультеті Львівського національного університету імені Івана Франка (ЛНУ імені Івана Франка) нами розроблено і запропоновано відкриття освітньо-професійної програми «Геологія, розвідка і розробка будівельної сировини» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, яка дасть змогу всебічно і ґрунтовно осягнути це складне і навчально-теоретично нині нерозроблене питання.

Незважаючи на високе забезпечення ресурсами мінеральної сировини промисловості будівельних матеріалів назагал по Україні, окремим її регіонам украй не вистачає деяких

видів сировини, що зумовлює дальність її транспортування і як наслідок – збільшення вартості будівництва. Суттєве значення для ліквідації дефіциту будівельних матеріалів в окремих економічних районах та зниження їхньої собівартості нині набуває супутній видобуток будівельної сировини на родовищах металів, кам'яного вугілля, гірничо-хімічної сировини та інших корисних копалин. Супутній видобуток сприяє збереженню орних земель та охорони навколишнього природного середовища, що має значне соціальне й економічне значення. Все це також зумовлює необхідність формування єдиного комплексу освітніх компонентів (навчальних дисциплін, індивідуальних завдань, практик, контрольних заходів), які будуть спрямовані на вивчення:

– геології й оцінки будівельної сировини, у тім числі під час розвідки родовищ інших видів корисних копалин;

– сучасних вимог промисловості до якості будівельної мінеральної сировини;

– документації та пробовідбирання розвідувальних виробок;

– приведення до відповідності з новими інструктивними матеріалами ДКЗ України вимоги до змісту матеріалів з геолого-економічної оцінки родовищ;

– чинного порядку затвердження кондицій.

Усе це вимагає відповідного методичного, кадрового та матеріального забезпечення, яке на геологічному факультеті ЛНУ імені Івана Франка наявне. Зокрема, забезпечення фахових компетентностей щодо геології будівельної мінеральної сировини здійснюватимуть науково-педагогічні працівники (НПП) кафедри загальної та історичної геології і палеонтології, супутнього видобутку будівельної сировини на родовищах металів, вугілля, гірничо-хімічної сировини та інших корисних копалин, розшуків і розвідки нових і традиційних видів мінеральної будівельної сировини, документації розвідувальних виробок, чинного порядку затвердження кондицій тощо – НПП кафедри геології корисних копалин і геофізики, збереження орних земель та охорони навколишнього природного середовища – НПП кафедри екологічної та інженерної геології і палеонтології; якості мінеральної сировини та пробовідбирання – НПП кафедри мінералогії, петрографії і геохімії імені професора Ореста Матковського. Усі кафедри забезпечені відповідним навчальним (підручники, навчальні посібники) і навчально-методичним матеріалом (методичні вказівки, навчально-методичні посібники, методичні рекомендації), який регулярно оновлюється. При кафедрах на геологічному факультеті функціонують три музеї (мінералогічний, рудних формацій, палеонтологічний), відкриті експозиції і закриті фонди яких охоплюють чималі колекції будівельної сировини з родовищ різних регіонів України. Також наявна потужна лабораторна база, що охоплює шість навчально-наукових лабораторій.

Висновки. Отже, неперервне зростання об'ємів будівельних робіт, підвищення вимог до якості й архітектурного рівня будівництва, відсутність освітньо-професійної програми з геології, розшуків і розвідки мінеральної будівельної сировини у ЗВО України, відсутність компетентних фахівців і необхідність формування єдиного комплексу освітніх компонентів для заповнення такої «ніші» в академічному середовищі дають підстави до відкриття освітньо-професійної програми «Геологія будівельної сировини» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти на геологічному факультеті ЛНУ імені Івана Франка, який має абсолютно все необхідне для цього методичне, кадрове та матеріальне забезпечення.

У 2025 році кафедрою геології корисних копалин і геофізики запропоновано і впроваджено освітню програму «Надрокористування» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності Е4 Науки про Землю галузі знань Е Природничі науки, математика та статистика. Спроба запровадити на кафедрі нову освітню програму «Геологія, розвідка і розробка будівельної сировини» та «Критична і стратегічна мінеральна сировина» у 2025 році поки не знайшла підтримки в керівництва університету, однак з умовою повернення до розгляду в 2025–2026 навчальному році.

УДК 553.3.041

ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛІЗОРУДНОГО НАДРОКОРИСТУВАННЯ

Бодюк А.В., *к. екон. н., g2030@ukr.net,*
Науково-дослідний заклад «Ресурси», Київ, Україна

Методологія досліджень взагалі природокористування та формування їх результатів орієнтується на оцінювання потрібності, стану, розвитку досліджуваних природних об'єктів, явищ і процесів, їх відображення в природних, економічних та інших оцінках, зокрема екологічних їх наслідків.

Поняття методології належить до первинного (базового) поняття, застосування методів похідні від методології. У конкретних прикладних дослідженнях природоресурсних наук можуть використовуватися методи як з власної методології, так і за методологіями різних наук, окремо або у поєднанні залежно від складності, потреб та профілю досліджень.

JUSTIFICATION OF THE METHODOLOGY OF IRON ORE OVERUSE RESEARCH

Bodyuk A., *Cand. Sci. (Econ.), g2030@ukr,*
Research establishment «Resources», Kyiv, Ukraine

The methodology of research on nature use in general and the formation of their results is focused on assessing the need, condition, and development of the studied natural objects, phenomena, and processes, their reflection in natural, economic, and other assessments, in particular their environmental consequences.

The concept of methodology belongs to the primary (basic) concept, the application of methods is derived from the methodology. In specific applied research in natural resource sciences, methods can be used both from their own methodology and from the methodologies of different sciences, separately or in combination, depending on the complexity, needs and profile of the research.

Вступ. Україна належить до найбільш багатих на природні ресурси країн в Європі, а по залізній руді, марганцю та й інших корисних копалинах у світі. Логічне розуміти, що країна як і у минулому розвивалася, так і в майбутньому має розвивати промислове освоєння наземних і надрових природних ресурсів, зокрема родовищ корисних копалин, у тому числі залізних руд, літію, газу, урану, господарське застосування яких мало, має і матиме стратегічне для економіки країни та міжнародну для неї значимість.

Тому до актуальних наукових проблем належить удосконалення методології дослідження результатів надрокористування та обґрунтування підвищення його ефективності, зниження екологічних забруднень родовищ і прилеглих до них територій.

У літературі поширені різні тлумачення понятійного апарату методології і методики досліджень надрокористування [1-5].

Мета досліджень: обґрунтувати їх визначення у нашому ресурсному баченні та застосування у вивченні природно-технічних систем, що використовуються у надрокористуванні, як пропонується їх називати, за принципом *n*-мірності, в ресурсних поняттях руд та їх родовищ. потребо-ресурсного підходу.

Методи досліджень: формально-логічний, порівняння, узагальнення,

Результати досліджень. До прикладних методологічних нами пропонуються до застосування потребо-ресурсний підхід до формування інформації, що відображає надрокористування і принцип тривимірності з такими базовими поняттями: потреби; ресурси; методологія.

Взагалі методологію науки, виходячи з наведених складових (гр. methodos – спосіб, метод і logos – наука, знання), прийнято визначати як систему методологічних і методичних принципів і прийомів, операцій і форм побудови наукового знання [6].

З даним визначенням повністю не можна згодитися. Так, не логічне трактувати, що методологія – це система методологічних, форм побудови наукового знання чи методичних форм.

Узагальнено методику розуміють і як сукупність прийомів дослідження, включаючи застосування техніки і різних операцій з фактичним матеріалом.

Безумовно, що в літературі обґрунтовуються і вдосконалюються філософські аспекти методології, які системно базуються на загальних принципах діалектики. На них формується світоглядна концепція філософії як науки, її основні базові теоретичні положення. Ці положення затвердилися в науках: і філософії, і землелогії, і правознавстві, і філології, і економіці. Але у кожній галузі науки є, крім загальних, ще й свої специфічні теоретичні вихідні положення, які становлять її власний теоретичний фундамент розвитку, свої методології досліджень, методики оцінки і відображення їх результатів.

Розглянемо більш конкретні визначення методології. У наступному тлумаченні «Методологія – вчення про метод діяльності як такий, включає принципи, методи діяльності і знання, що відображує їх. Складується з методології пізнання, методології практичної цільності та методології оцінки (аксіометодології)» [7]. Безумовно, що дане тлумачення масштабне, загальне, надто широке для конкретних природоресурсних наук, зокрема економічної геології як окремої галузі геологічних наук. На наш погляд, цей склад необхідно доповнити і методологією формування потреб.

В наступному визначені «Методологія – це: 1) сукупність прийомів дослідження, що застосовуються в певній науці; 2) вчення про методи пізнання та перетворення дійсності» [7].

З даними визначеннями повністю згодитися не можна, оскільки методологію не можна розглядати як сукупність прийомів, а тим більше щодо перетворення дійсності. Перетворення природної за походженням «дійсності» виконується за допомогою техніко-технологічних засобів відповідно до проектів перетворень.

В літературі, в Інтернеті з посиланням на конкретні джерела інформації та їх авторів приводяться й інші визначення щодо методології.

У словнику методологія трактується «…як сукупність методів дослідження, що застосовуються в будь-якій науці відповідно до специфіки об’єктів її пізнання» 10 [8, с. 399]. На наш погляд, методологію не можна трактувати як сукупність методів. Методи формуються і від методології. Поняття методології належить до первинного (базового) поняття, застосування методів похідні від методології. Зауважимо, що у конкретних прикладних дослідженнях природоресурсних наук можуть використовуватися методи як з власної методології, так і за методологіями різних наук, окремо або у поєднанні.

За особливість визначення методології і методики та їх застосування для досліджень результатів надрокористування, його технізації можна визнати орієнтацію на базове поняття ресурсів. За словником ресурс з французького перекладається як підіймаюсь, виникаю знову; матеріальні засоби, цінності, запаси, кошти, які в разі потреби можна використати [8, с. 622]. Тобто поняття ресурсу орієнтує не на статику, а на динамку, на використання за потребами. Тому і методологія досліджень природокористування та формування їх результатів має бути орієнтованою на оцінювання потрібності, стану, розвитку досліджуваних природних об’єктів, явищ і процесів, їх відображення в природних, економічних та інших оцінках, зокрема екологічних їх наслідків.

Висновки. Отже, методологія досліджень залізорудного надрокористування, його техніко-технологічного забезпечення нами трактується за складовими поняттями: як теоретично значимі положення про проведення наукових досліджень; за суттю логічне обґрунтований вибір для застосування і застосування методу чи методів з використанням засобів для досліджень природних за походженням об’єктів, явищ і процесів, за потребо-ресурсним підходом та їх технізації**;** за процесом обумовлює творчий вибір і застосування методів створення, вивчення геологічної, економічної та іншої інформації про корисні копалини та їх родовища, опрацювання результатів їх вивчення та відображення у геологічних звітах, наукових статях і т. д.; методи, за ознакою дослідження і вивчення об’єкта, проведення досліджень, з застосуванням певних засобів; отримання та опрацювання вибраними способами та засобами інформації про досліджувані ресурси об’єкта та її відображення; за логічним підходом до формування інформації про об’єкти, що досліджуються.

Отже, **наукова новизна** тез виражається у застосуванні потребо-ресурсного підходу до формування інформації, що відображає залізорудне надрокористування, та узагальнення його результатів, і принципу тривимірності з такими базовими поняттями, як потреби; ресурси; методологія.

Список використаних джерел:

1. Михайлов В. А. Базові терміни і поняття економічної геології: навч. посіб. / В. А. Михайлов, М. М. Курило. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2014. 527 с.
2. Основи економічної геології: Навч. посіб. для студ. геол. спец. вищ. закл. освіти М.М. Коржнев, В.А. Михайлов, В.С. Міщенко та ін. Київ: «Логос», 2006. 223 с.
3. Рудько Г. І., Плотніков О. В., Курило М. М., Радованов С. В. Економічна геологія родовищ залізистих кварцитів. Київ: Академпрес, 2010. 272 с.
4. Рудько Г. І., Курило М. М., Радованов С. В. Геолого-економічна оцінка родовищ корисних копалин. Київ: Адеф-Україна, 2011. 363 с.
5. Зацерковний В. І. Методологія наукових досліджень: навч. посіб. / В. І. Зацерковний, І. В. Тішаєв, В. К. Демидов. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2017. 236 с.
6. Режим доступу: http://politics.ellib.org.ua/pages-1109.html.
7. Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Методологія.
8. Сучасний тлумачний словник української мови: 50 000 слів/ За заг. ред. д-ра філол. наук, проф. В.В. Дубічинського. Харьків: ВД «ШКОЛА», 2006. 832 с.

УДК 553.042

ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ЗАПАСІВ І РЕСУРСІВ КОРИСНИХ КОПАЛИН ДЕРЖАВНОГО ФОНДУ НАДР В СИСТЕМУ РК ООН-2019

Синчук В.В., *v.synchuk@nucsystems.com.ua,*
Бакаржієв Ю.А., *y.bakarzhiyev@nucsystems.com.ua,*
Лисенко О.А., *к. геол. н., alanlysenko@ukr.net,*
ТОВ «Атомні енергетичні системи України», м. Київ, Україна

Проаналізовано проблемні питання стосовно імплементації класифікації запасів і ресурсів корисних копалин держаного фонду надр України в систему UNFC (2019). Надано пропозиції щодо принципів і підходів для вирішення цієї проблеми

IMPLEMENTATION OF THE CLASSIFICATION OF MINERAL RESERVES AND RESOURCES OF THE STATE SUBSOIL FUND OF UKRAINE INTO THE UNFC SYSTEM (2019)

Synchuk V., *v.synchuk@nucsystems.com.ua,*
Bakarzhiev Yu., *y.bakarzhiyev@nucsystems.com.ua,*
Lysenko A., *Cand. Sci. (Geol.), alanlysenko@ukr.net,*
Nuclear Energy Systems of Ukraine LLC, Kyiv. Ukraine

The problematic issues regarding the implementation of the classification of mineral reserves and resources of the State Subsoil Fund of Ukraine into the UNFC system (2019) are analyzed. Proposals are made on the principles and approaches to solving this problem.

Україна все більше розширює міжнародне співробітництво у сфері видобутку корисних копалин із Євросоюзом та США. ЄС уклав Стратегічне партнерство з сировини з наступними третіми країнами: Австралія, Аргентина, Канада, Чилі, Конго (Демократична Республіка), Гренландія, Казахстан, Намібія, Норвегія, Руанда, Україна, Узбекистан, Замбія. У 2025 році укладена угода між урядом України та урядом США про створення американсько-українського інвестиційного фонду відбудови, який пов’язаний із проектами з видобутку корисних копалин.

У зв’язку з цим імплементація Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр, яка діє в Україні, до міжнародних систем класифікації, зокрема до системи РК ООН-2019 набула вкрай важливого значення.

Ця доповідь присвячена аналізу актуальної ситуації у цій сфері та напрацюванню пропозицій щодо вирішення даного завдання.

На сьогодні в Україні діє Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр, затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 5 травня 1997 р. № 432 у редакції постанови Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 764 [1].

Класифікація, як зазначено в передмові, встановлює єдині для державного фонду надр України принципи підрахунку, геолого-економічної оцінки і державного обліку запасів корисних копалин згідно з рівнем їх промислового значення та ступенем геологічного і техніко-економічного вивчення, умови, що визначають підготовленість розвіданих родовищ корисних копалин до промислового освоєння, а також основні принципи кількісної оцінки ресурсів корисних копалин.

Згідно Класифікації запаси і ресурси корисних копалин за рівнями промислового значення і ступенями техніко-економічного та геологічного вивчення розподіляються на класи які ідентифікуються за допомогою міжнародного трипорядкового цифрового коду відповідно табл. 1.

В даний час українська Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин імплементується в Класифікацію РК ООН (табл. 2).

Таблиця 1. Розподіл запасів і ресурсів корисних копалин за Класифікацією, затвердженою КМУ від 5 травня 1997 р., постанова № 432

Промислове значення запасів	Ступінь техніко-економічного вивчення	Ступінь геологічного вивчення	Код класу
1. Балансові	ГЕО-1	розвідані (доведені) запаси	111
	ГЕО-2	-//-	121
	ГЕО-3	попередньо розвідані (ймовірні) запаси	122
2. Умовно балансові та позабалансові	ГЕО-1	розвідані (доведені) запаси	211
	ГЕО-2	-//-	221
	ГЕО-2	попередньо розвідані (ймовірні) запаси	222
3. Промислове значення не визначено	ГЕО-3	-//-	332
	ГЕО-3	перспективні ресурси	333
	ГЕО-3	прогнозні ресурси	334

Таблиця 2. Діюча в Україні станом на вересень 2025 року
Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр

Категорії за рівнем економічного, соціального та промислового значення (вісь E)	Категорії за ступенем техніко-економічного вивчення та підготовленості до розробки (вісь F)		Категорії за ступенем геологічного вивчення та достовірності (вісь G)	Код класу згідно з Класифікацією України	Клас РК ООН-2009
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
1. Балансові запаси (1..) E1 E1.1; E1.2	Запаси, що розробляються (F1.1), затверджені для розробки (F1.2) або для промислового освоєння (F1.3)	ГЕО-1; (.1.); F1	Розвідані запаси (..1); G1	111 достовірні	Комерційні запаси
	Запаси, обґрунтовані для розробки F2.1; F2.2	ГЕО-2; (.2.); F2	Розвідані запаси (..1); G1	121 вірогідні	
			Попередньо розвідані запаси (..2); G2	122 вірогідні	
2. Умовно балансові і позабалансові запаси (2..) E2	Розробка запасів очікується, зупинена або нерентабельна	ГЕО-1; (.1.); F1; F1.3	Розвідані запаси (..1); G2	211	Можливо комерційні запаси
				221	
			Попередньо розвідані запаси (..2); G2	222	
1	2	3	4	5	6
3. Промислове Значення запасів і ресурсів не визначено; (3..); E3; E3.1;	Розробка запасів і ресурсів не визначена	ГЕО-3; (.3.); F3	Розвідані запаси (..1); G1	331	Не комерційні запаси
			Попередньо розвідані запаси (..2); G2	332	
			Перспективні ресурси	333	Ресур-

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
E3.2; E3.3			(..3); G3		си геолого-розвідувальних робіт
			Прогнозні ресурси (..4); G4	334	
	Залишкові (додаткові) у надрах запаси, що не видобуваються	F4	Розвідані запаси (..1); G1	341	Залишкові (додаткові) запаси і ресурси
			Попередньо розвідані запаси (..2); G2	342	
	Залишкові (додаткові) у надрах запаси, що не видобуваються		Перспективні ресурси (..3); G3	343	
			Прогнозні ресурси (..4); G4	344	

Дана Класифікація в деякій частині співпадає з Класифікацією РК ООН-2009 [2]. В Класифікації РК ООН-2009 виділено класи і підкласи товарної і нетоварної продукції, яку можливо отримати із сировини відомих і потенційних родовищ. В табл. 3 наведено розподіл продукції за класами, підкласами та категоріями.

Таблиця 3. Класи і підкласи товарної і нетоварної продукції Класифікації РК ООН-2009

Класи РКООН, що визначаються категоріями та підкатегоріями[a]						
Загальна вихідна кількість продукту у пласті	Вилучені кількості	Товарна продукція				
		Нетоварна продукція				
	Клас		Підклас	Категорії		
				E	F	G
	Відоме родовище	Комерційні проекти	В розробці	1	1.1	1, 2, 3
			Затверджений до розробки	1	1.2	1, 2, 3
			Обґрунтований для розробки	1	1.3	1, 2, 3
		Вірогідні комерційні проекти	Очікуючий розробки	2[b]	2.1	1, 2, 3
			Розробку затримано	2	2.2	1, 2, 3
		Некомерційні проєкти	Розробка не з'ясована	3.2	2.2	1, 2, 3
			Розробка не життєздатна	3.3	2.3	1, 2, 3
		Додаткові кількості у пласті		3.3	4	1, 2, 3
	Потенційне родовище	Геологорозвідувальні проєкти	[Підкласи не визначені][c]	3.2	3	4
		Додаткові кількості у пласті		3.3	4	4

a) майбутній видобуток нетоварної продукції віднесений до категорії E3.1. Ресурси, які можуть бути вилучені з надр, але не продані, можуть існувати у всіх класах кількостей.

b) проєкти, що очікують на розробку, можуть задовольняти вимоги категорії E1.

c)типові підкласи в даному випадку не визначені, проте слід зазначити, що в нафтогазовому секторі зазвичай прийняті терміни "розвідка", "виявлена структура" та "нафтогазоносна структура".

Порівняння Класифікації Державного фонду надр (далі українська Класифікація) із Класифікацією РК ООН 2009 показує, що українська Класифікація багато в чому відповідає Класифікації РК ООН-2009.

Недоліком, на нашу думку, в українській Класифікації є те, що не надається детальних тлумачень категорій за вісями E, F, G. Відсутні посилання на тлумачення цих параметрів у в Класифікації РК ООН-2009. Тобто, строго кажучи, неможливо коректно віднести конкретні проєкти до певних категорій і класів.

В Інструкціях і Методичних рекомендаціях із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ конкретних корисних

копалин також відсутні детальні тлумачення категорій за вісями E, F, G та класів та підкласів.

Важливо зазначити, що такі тлумачення, з урахуванням специфіки законодавства України щодо техніко-економічної та екологічної оцінки родовищ і проєктного забезпечення будівництва гірничо-видобувних підприємств та підприємств із переробки мінеральної сировини, є критично важливими для класифікації запасів і ресурсів.

І головне – якщо українська Класифікація пов'язана із класифікацією РК ООН-2009, то вона є застарілою, оскільки на сьогодні діє нова (оновлена) Класифікація – РК ООН-2019 [3] та випущено ряд важливих документів, які істотно змінюють деякі підходи до класифікації ресурсів, через що необхідно розробити нову українську Класифікацію, яка б врахувала нові вимоги.

Сам по собі оновлений варіант не передбачає змін системи Класифікації і, отже, не торкається нинішніх користувачів РК ООН. Оновлений текст має спростити застосування РКООН для її користувачів.

Більш жорсткими стали вимоги щодо адаптації РК ООН до національних чи місцевих потреб. Якщо для РК ООН-2009 такі зміни було достатньо перевіряти на відповідність повному варіанту РК ООН-2009 та іншим застосовуваним класифікаціям, то для РК ООН 2019 такі зміни слід також перевіряти на відповідність повному варіанту РК ООН та іншим застосовуваним класифікаціям. Разом з тим, для забезпечення прозорості при адаптації слід документально оформляти розбіжності з РК ООН.

В РК ООН-2019 додано новий розділ екологічні та соціальні аспекти, які можуть вплинути на розробку проєкту, у тому числі питання, відображені у Порядку денному у сфері сталого розвитку на період до 2030 року та цілях у сфері сталого розвитку (ССР).

Значно уточнені тлумачення категорій по осях E, F, G. Розроблена специфікація для застосування РК ООН-2019 для забезпечення того, щоб дані про кількості (запаси/ресурси), що розкриваються, містили корисні відомості для користувачів інформації про продукти. Нижче, з метою забезпечення ясності та сумісності, наведено ряд загальних специфікацій.

З'явилось поняття Сполучний документ – РК ООН може узгоджуватися з іншими класифікаційними системами. У Сполучному документі пояснюється зв'язок між РКООН та іншою системою класифікації, включаючи вказівки щодо методів класифікації оцінок, розроблених за допомогою цієї системи з використанням цифрових кодів РК ООН. Інформація про сполучний документ, використаний як основа для розрахунку оцінки, повинна розкриватися разом з інформацією про повідомлені кількості запасів/ресурсів.

Зокрема, опубліковані наступні сполучні документи, які також необхідно враховувати при розробці нової української Класифікації:

a) сполучний документ для стандартної моделі Комітету з міжнародних стандартів звітності про мінерально-сировинні запаси (CRIRSCO) та РК ООН [4];

b) сполучний документ для Системи управління нафтовими та газовими ресурсами (ОВІН) та РК ООН;

c) сполучний документ для Класифікації урану Агенції з ядерної енергії Організації економічного співробітництва та розвитку (АЯЕ) Міжнародного агентства з атомної енергії (МАГАТЕ) та РК ООН;

d) сполучний документ для Класифікації запасів та ресурсів нафти та горючих газів Російської Федерації 2013 року та РК ООН;

e) сполучний документ для національного стандарту Китайської Народної Республіки «Класифікація ресурсів/запасів твердого палива та мінеральної сировини» (GB/T 17766-1999) та РК ООН;

f) документ для Національного стандарту Китайської Народної Республіки «Класифікація нафтогазових ресурсів/запасів» (GB/T 19492-2004) та РКООН.

Крім РК ООН-2019 важливими для розробки нової Класифікації є наступні документи.

- Guidance Note on Competency Requirements for the Estimation, Classification and Management of Resources (Керівна записка щодо вимог до компетентності для оцінки, класифікації та управління ресурсами) [5]. UNECE Expert Group on Resource Management 25 October 2022. У цьому документі вперше визначені вимоги до осіб, які відповідають за стандарти та методології, що використовуються для збору, аналізу та перевірки інформації, що використовується в кваліфікованій оцінці. Цією особою є Кваліфікований експерт: незалежна особа з освітою, підготовкою та відповідним професійним досвідом у дисципліні, що стосується ресурсу, яка діє відповідно до професійних стандартів компетентності та етики, встановлених її/її професійною організацією. Ця особа відповідає за стандарти та методології, що використовуються для збору, аналізу та перевірки інформації, що використовується в кваліфікованій оцінці. До цього практично будь-хто мав право виконувати всі операції із визначення категорій та класів РК ООН.

В українській Класифікації також не встановлено вимог до компетентності та кваліфікації осіб, які здійснюють операції із визначення категорій та класів української Класифікації. Таким чином, всі звіти про геологорозвідувальні роботи, у яких міститься інформація про запаси і ресурси (категорії і класи), мають чинність тільки для внутрішнього користування. З точки зору міжнародних класифікацій, у тому числі РК ООН, визначення категорій і класів в українській Класифікації стало нелегітимним і не може бути використано для оцінки тих чи інших проєктів з видобутку та переробки корисних копалин в Україні.

- United Nations Framework Classification for Resources applied to Commercial Assessments – Guidance. Prepared by the Commercial Applications Working Group of the Expert Group on Resource Management (Рамкова класифікація ресурсів Організації Об'єднаних Націй, що застосовується до комерційних оцінок – Керівництво, підготовлене Робочою групою з комерційного застосування Експертної групи з управління ресурсами). Economic Commission for Europe. Committee on Sustainable Energy Thirteenth session. Geneva, 25-29 April 2022 [6]

Керівництво містить рекомендації щодо комерційного застосування Рамкової класифікації ресурсів Організації Об'єднаних Націй (РК ООН) та щодо комерційних аспектів Системи управління ресурсами Організації Об'єднаних Націй (СУР ООН), яка перебуває на стадії розробки. Управління комерційними можливостями та ризиками вимагає інформації про проєкти на двох взаємодоповнюючих рівнях: (i) вплив проєктів на клімат та інші цілі сталого розвитку (ЦСР); та (ii) вплив зміни клімату та інших змін в інших соціальних, екологічних та економічних факторах на проєкти та їхні інвестиції. РК ООН та СУР ООН доповнюють інші стандарти розкриття екологічних та соціальних міркувань, включаючи ті, що розробляються Радою з міжнародних стандартів сталого розвитку та Комісією з цінних паперів та бірж США. РК ООН зосереджена на рівні проєкту, який є основою для аналізу та розкриття інформації на рівні підприємства та/або юрисдикції. Це сприяє аналізу як впливу проєкту на екологічні та соціальні умови, так і їх впливу на проєкти, а також політики їх підтримки.

- Guidance for the Application of the United Nations Framework Classification for Resources (UNFC) for Mineral and Anthropogenic Resources in Europe. (Керівництво щодо застосування Рамкової класифікації ресурсів Організації Об'єднаних Націй (РКООНІ) для мінеральних та антропогенних ресурсів у Європі. UNITED NATIONS GENEVA, 2022 [7]

У доповіді, підготовленій Робочою групою з соціальних та екологічних міркувань Групи експертів з раціонального використання ресурсів, описуються принципи класифікації, що застосовуються до всіх видів ресурсів, і, хоча основна увага приділяється Рамковій класифікації ресурсів Організації Об'єднаних Націй (РКООН), вони повинні застосовуватися вони повинні застосовуватись і до інших систем класифікації, у тому числі узгоджених із РКООН.

У доповіді описані різні користувачі оцінок та класифікацій ресурсів.

Вони мають різні цілі, і оцінка і класифікація ресурсів мають відповідати потребам користувача, тобто, вони мають бути «підігнані під конкретну мету». Умови та припущення оцінки та класифікації, які відповідають різним цілям користувача, можуть бути різними навіть для одного і того ж проєкту, наприклад, щодо цін на продукцію або термінів виконання робіт.

Автори цієї доповіді абсолютно переконані, що будь-яка, навіть найдосконаліша класифікація запасів і ресурсів, буде всього лише набором цифр термінів, якщо в її основі не буде лежати детально розроблена на базі найкращих світових практик методична база проведення геологорозвідувальних робіт, включаючи всебічну оцінку запасів і ресурсів.

Чинні на сьогодні Інструкції та Методичні рекомендації із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ конкретних корисних копалин не узгоджені із класифікацією РК ООН, тому їх необхідно переробити. При визначенні змісту та наповнення нових інструкцій (можливо доцільно розробити одну загальну інструкцію), на наш погляд слід користуватися змістом та наповненням звітів на різних стадіях вивчення родовища за стандартом JORC або іншим із сімейства CRIRSCO.

На сьогодні переважна більшість родовищ Державного фонду надр в Україні – це родовища, розвідка та оцінка яких виконана ще в 20 столітті, тобто базується на історичних даних.

Для таких проектів, згідно із «*Сполучним документом для Стандартної моделі Комітету з міжнародних стандартів звітності про мінеральні запаси та Рамковою класифікацію ресурсів Організації Об'єднаних Націй». Розділ G. Додаткові міркування. 5. Оцінки за минулі роки. Європейська економічна комісія Комітет зі сталої енергетики, Група експертів з управління ресурсами. Женева, 22-26 квітня 2024 року»* неперевірені оцінки за минулі роки зазвичай знижуються до E3 та F3 за збереження початкових значень категорій G.

Таким чином, ці проєкти потребують додаткових геологорозвідувальних робіт, що вимагає розробку методичних документів, які б враховували вимоги РК ООН та CRIRSCO.

Також необхідно визначитися із термінологією, яка у діючій українській Класифікації не стикується із термінологією, прийнятою у західній геологорозвідувальній практиці, що не сприяє гармонізації української Класифікації із іншими класифікаціями, у тому числі із РК ООН.

Висновки. Діюча в Україні Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин Державного фонду надр потребує гармонізації із міжнародними класифікаціями, у першу чергу з РК ООН та CRIRSCO.

Це сприятиме залученню інвестицій, насамперед закордонних інвесторів, в гірничорудну промисловість.

Однак необхідно розуміти, що проблема гармонізації Класифікації і оновлення Інструкцій та Методичних рекомендацій із її застосування носить комплексний характер, через що вирішення цієї проблеми не може бути одномоментним і швидким.

Список використаних джерел:

1. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр, затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 5 травня 1997 р. № 432 у редакції постанови Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 764.

2. United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 (UNFC-2009). UNITED NATIONS New York and Geneva, 2010.

3. United Nations Framework Classification for Resources (UNFC) Update 2019. UNITED NATIONS Geneva, 2020.

4. Guidance note on the use of the CRIRSCO Template to UNFC Bridging Document (2024 version). EGRM-15/2024/INF.38 April 2024.

5. Guidance Note on Competency Requirements for the Estimation, Classification and Management of Resources (Керівна записка щодо вимог до компетентності для оцінки, класифікації та управління ресурсами). UNECE Expert Group on Resource Management 25 October 2022.

6. United Nations Framework Classification for Resources applied to Commercial Assessments – Guidance. Prepared by the Commercial Applications Working Group of the Expert Group on Resource Management. (Рамкова класифікація ресурсів Організації Об'єднаних Націй, що застосовується до комерційних оцінок – Керівництво, підготовлене Робочою групою з комерційного застосування Експертної групи з управління ресурсами). Economic Commission for Europe. Committee on Sustainable Energy Thirteenth session. Geneva, 25-29 April 2022.

7. Guidance for the Application of the United Nations Framework Classification for Resources (UNFC) for Mineral and Anthropogenic Resources in Europe. (Керівництво щодо застосування Рамкової класифікації ресурсів Організації Об'єднаних Націй (РКООНІ) для мінеральних та антропогенних ресурсів у Європі. UNITED NATIONS GENEVA, 2022.

УДК 550.8

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ПОРИСТОСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕОФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ У СКЛАДНОПОБУДОВАНИХ ПОРОДАХ-КОЛЕКТОРАХ

Карпин В.М., *vasyl.karpyn@ugv.com.ua,*
Антонюк В.В., *доктор філософії, vitalii.antoniuk@ugv.com.ua,*
АТ «Укргазвидобування», Київ, Україна

Проаналізовано основні виклики визначення пористості піщано-алевритових відкладів візейського ярусу на глибині понад 5500 м за даними геофізичних методів. Це пов'язано з гетерогенністю пустотного простору, наявністю зв'язаної води та глинистих мінералів. Наведено порівняльну характеристику методів ГДС для оцінки пористості. Визначено переваги та обмеження кожного методу каротажу в даних умовах. Показано, що інтеграція кількох геофізичних методів у поєднанні з керновими даними дозволяє підвищити точність оцінки пористості та ефективніше характеризувати колекторські властивості на великих глибинах. Відмічено високу ефективність методу ядерно-магнітного каротажу.

FEATURES OF DETERMINING THE POROSITY COEFFICIENT USING LOGGING DATA IN COMPLEX RESERVOIR ROCKS

Karpyn V., *vasyl.karpyn@ugv.com.ua,*
Antoniuk V., *PhD, vitalii.antoniuk@ugv.com.ua,*
JSC UkrGasVydobuvannya, Kyiv, Ukraine

This study analyzes the key challenges in determining the porosity of sandy-silty deposits of the Visean stage at depths greater than 5500 meters using well logging data. These challenges arise due to the heterogeneity of the pore space, the presence of bound water, and clay minerals. The authors compare various well logging methods for porosity evaluation and identify the strengths and limitations of each technique under these specific conditions. By integrating multiple geophysical methods with core data, they improve the accuracy of porosity estimation and enhance the characterization of reservoir properties at significant depths. The study highlights the high efficiency of the nuclear magnetic resonance logging method.

Вступ. Пористість гірських порід є визначальною петрофізичною характеристикою, що суттєво впливає на ефективність процесів пошуку та розробки нафтових і газових родовищ. Її точне визначення забезпечує достовірність оцінки геологічних запасів вуглеводнів, слугує основою для прогнозування проникності з метою визначення продуктивності свердловин, а також виступає ключовим фактором у моделюванні ризиків і проведенні економічного аналізу доцільності освоєння покладів. Найбільш точними прямими методами визначення пористості є різні лабораторні дослідження кернового матеріалу, однак їх застосування обмежується доступністю керну. У зв'язку з цим геофізичні дослідження свердловин (ГДС) виступають основним інструментом для оцінки пористості в умовах промислової практики.

Жоден із методів ГДС не вимірює пористість безпосередньо, а є лише непрямим індикатором, який потребує інтерпретації на основі фізичних моделей та емпіричних залежностей. Точність отриманих результатів значною мірою залежить від коректності обраної моделі, якості вхідних даних та урахування геологічних особливостей порід-колекторів. Основною проблематикою визначення пористості за ГДС є невідповідність теоретичних моделей реальним умовам, зокрема складній гетерогенній будові порід-колекторів, тріщинуватості, наявності глинистих компонентів, особливо в низькопористих інтервалах, де всі методи мають високу невизначеність. Також, апаратура кожного методу характеризується власними перевагами, недоліками та специфічними фізичними й технологічними обмеженнями застосування.

В Україні найбільш поширеним методом визначення пористості є акустичний каротаж (АК). Метод нейтронного каротажу (НК) менш достовірний і використовується як додатковий. Щільнісний гамма-гамма каротаж (ГГКщ) проведений в невеликій кількості свердловин, і широкого застосування не отримав. Тому, у процесі геолого-економічної оцінки (ГЕО) родовищ, визначаються багатомірні залежності між коефіцієнтом відкритої

пористості визначеного на керні і геофізичними параметрами: інтервальним часом розповсюдження акустичної хвилі та глинистості за даними гамма-каротажу (ГК). Статистичним методом визначаються граничні петрофізичні параметри з урахуванням результатів випробувань, керну та ГДС для розділення пластів на колектори та неколектори. Такий підхід підтверджує свою ефективність, але у глибокогозалягаючих і низькопористих породах виникає ряд труднощів: у свердловинах з аналогічними параметрами пластів (за даними АК-ГК) близькими до граничних значень після випробування отримуємо як промислові так і слабкі припливи газу, що знижує достовірність прогнозування зон з покращеними колекторськими властивостями для проєктування нових свердловин. Одним з рішень даної проблеми є запис додаткових методів ГДС у нових свердловинах стандарту API (American Petroleum Institute): крос-дипольний АК, літо-щільнісний гамма-гамма каротаж (ГГКлщ), ядерно-магнітний каротаж (ЯМК), спектральний гамма-каротаж (СГК).

Мета роботи – оцінити ефективність різних методів ГДС при розрахунку коефіцієнту пористості складнопобудованих низькопористих (коефіцієнт відкритої пористості <9%) піщано-алевритових відкладів візейського ярусу нижнього карбону на глибині понад 5500 м Глинсько-Солохівського газонафтоносного району для зменшення похибки петрофізичної інтерпретації.

Об’єкт дослідження. Породи-колектори даних відкладів представлені світло-сірими, сірими, дрібнозернистими, кварцовими, алевритовими, щільними, міцними, тріщинуватими пісковиками із прошарками вуглисто-слюдистої речовини; цемент порового типу, глинистий, глинисто-карбонатний, іноді із домішками гідрослюдистого, складений каолінітом, карбонатом та гідрослюдами, спостерігаються вторинні зміни, що проявилися в сланцюватості за рахунок ущільнення зерен кварцу та їх орієнтації (рис. 1). За ємністю належать до колекторів із пониженими та задовільними властивостями, за фільтраційною характеристикою – до слабо- і середньопроникних (згідно класифікації порід-колекторів за А.А. Ханіним). Понижені колекторські властивості продуктивних пластів, вірогідно, пов’язані із наявністю алевритової складової у пісковиках та глинистої речовини – в цементі порід.

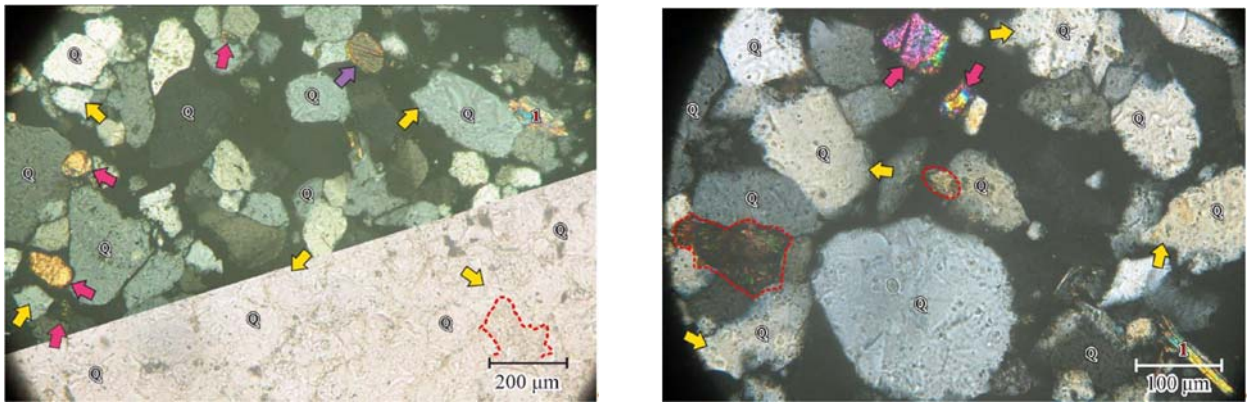


Рис. 1. Фотографія шліфа. На фото добре видно кварцовий ареніт, представлений практично повністю кварцовими (Q) зернами (кластична частина). Жовтими стрілками показані регенераційні кварцові облямівки, як результат вторинної катагенетичної активізації росту зерен кварцу. Цифрою 1 позначено гідратовану луску мусковіту. Червоним пунктиром позначено кальцит-доломітовий цемент. Малиновими стрілками відмічені зерна циркону. Фіолетова стрілка вказує на зерно, імовірно, амфіболу. Діапазон зафіксованих розмірів зерен від алевроліту до середньозернистого, розподіл зерен бімодальний, погано відсортований.

Методика. Петрофізична інтерпретація проводилася комплексу ГДС, який включав методи: ГК, НК, ГГКлщ, АК, багатозондовий каротаж опору, ЯМК. Для інтерпретації використовувалися високоякісні вхідні дані, під час проведення ГДС були враховані поправки за свердловинні умови. Методи ГГКлщ, НК та ЯМК виконувалися із застосуванням притискних пристроїв, що мінімізує вплив нерівностей стовбура

свердловини.

Розріз складений теригенними породами, що спрощує інтерпретацію. На першому етапі проведено швидкий аналіз даних ГДС, розраховано коефіцієнт «загальної» пористості за даними методів АК-НК та ГГКлщ+НК [2, 3] з допомогою кросплотів [1, 4] визначаються параметри матриць: щільність (RHOZ), час проходження повздовжньої хвилі (DTP) для наявних в розрізі літотипів (пісковик, аргіліт, тощо) та флюїду. Коефіцієнт об'ємної глинистості розраховувався за даними ГК (рівняння Ларіонова для більш давніх відкладів) [5], та за даними інтеграції методів ГГКлщ + НК [1]. Обидва методи дають надійні результати.

За результатами СГК та аналізу керну встановлено, що в розрізі переважають глинисті мінерали представлені каолінітом, меншою мірою – іллітом та змішаного складу. Отримані дані мають важливе значення, оскільки каолініт, на відміну від інших глинистих мінералів, характеризується низькою ємністю катіонного обміну (менше утримує воду), що зумовлює менший вплив на результати НК, АК та питомого опору, менше знижує проникність в порівнянні з іншими глинистими мінералами.

На наступному етапі визначено коефіцієнт відкритої пористості окремо для кожного методу (АК, ГГКлщ, НК), а також шляхом інтеграції даних (АК+НК, ГГКлщ+НК [1, 2, 3]). Результати інтерпретації ЯМК були проведені Виконавцем ГДС незалежно, і були використані уже на етапі порівняння усіх методів розрахунку пористості. На рис. 2 представлено, як приклад, планшет з вхідними каротажними даними та результатами петрофізичної інтерпретації для однієї зі свердловин.

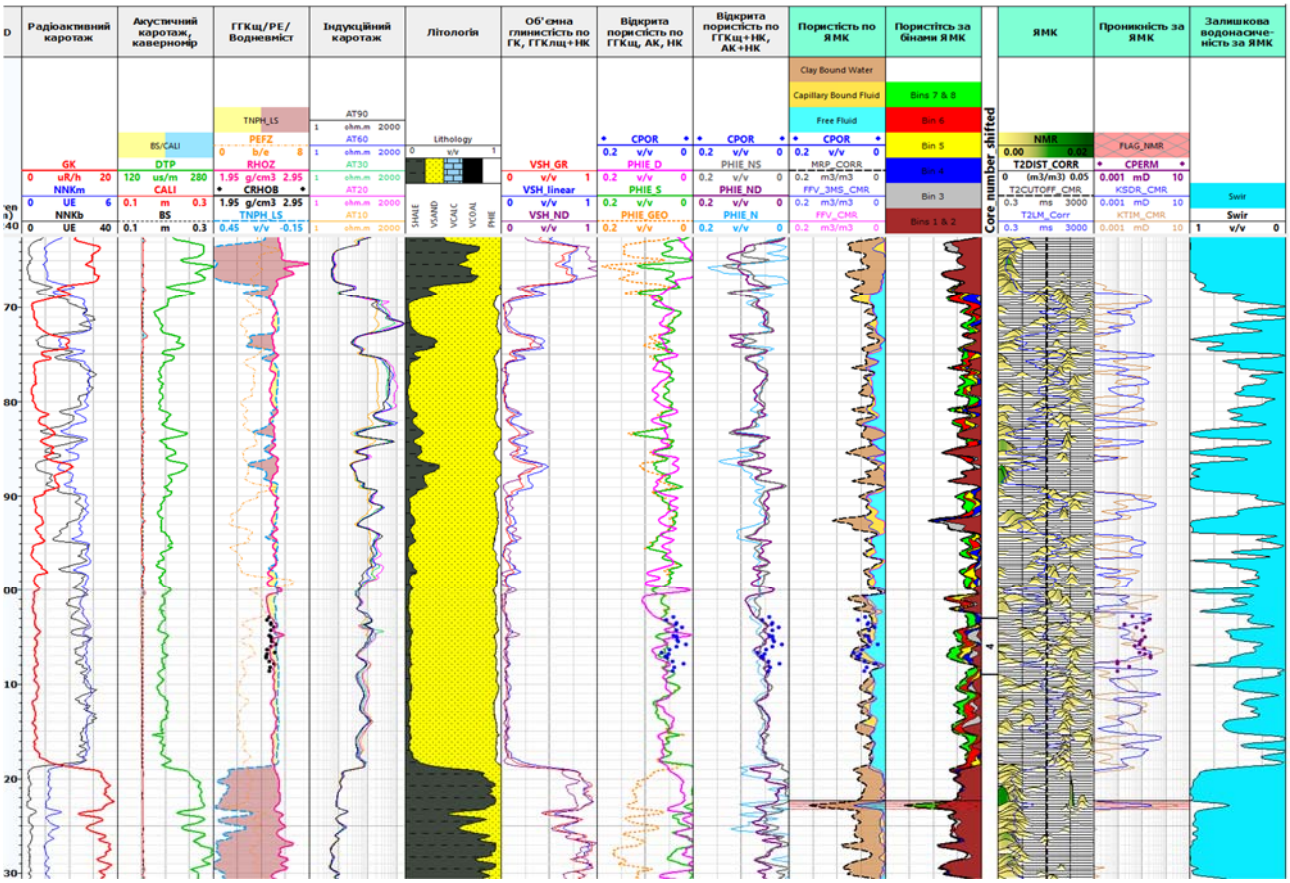


Рис. 2. Зведений планшет петрофізичної інтерпретації ГДС.

Мнемоніки кривих: GK – гамма каротаж; NNKb, NNKm – великий та малий НК відповідно; DTP – час проходження повздовжньої хвилі АК; CALI – діаметр свердловини; PEFZ – фотоелектричний фактор (ГГКлщ), RHOZ – зареєстрована об'ємна щільність (ГГКлщ); CRHOB – щільність по керну; TNPH_LS – пористість за НК в масштабі вапняка; AT10-AT90 – криві багатозондового індукційного каротажу, число відповідає глибині дослідження в дюймах; SHALE – об'ємна глинистість; VSAND – об'ємний вміст пісковику; PHIE – прийнятий коефіцієнт відкритої пористості; VSH_GR – об'ємна глинистість, рівняння Ларіонова для більш давніх відкладів;

VSH_ND – об'ємна глинистість, методи НК-ГГКлщ; VSH_linear – лінійна залежність визначення глинистості з ГЕО; CPOR – коефіцієнт відкритої пористості по керну; розраховані коефіцієнти відкритої пористості за різними методами ГДС: PHIE_D (ГГКлщ), PHIE_S (АК), PHIE_GEO (згідно ГЕО), PHIE_NS (НК+АК), PHIE_ND (НК+ГГКлщ), PHIE_N (НК); MRP_CORR – коефіцієнт загальної пористості по ЯМК; FFV_3MS_CMR – коефіцієнт відкритої пористості по ЯМК; FFV_CMR – коефіцієнт ефективної пористості по ЯМК; Bins 1-8 – пористість за бінами по ЯМК; T2LM_Corr – логарифмічне середнє значення Т2 (розподіл часу поперечної релаксації) з поправкою за пізній Т2; T2DIST_CORR – розподіл Т2 з поправкою за пізній Т2; T2CUTOFF_CMR – граничне значення для Т2 для стандартної обробки даних ЯМК; CPERM – абсолютна газопроникність по керну; KSDR_CMR – проникність за ЯМК, рівняння Шлюмберже-Долла; KTIM_CMR – проникність, розрахована на основі сигналу ЯМК за рівнянням Тімура-Коатса; Swir – залишкова водонасиченість за даними ЯМК.

Результати та обговорення. Авторами проведено петрофізичну інтерпретацію 5 свердловин в межах одного родовища та проведено порівняння результатів розрахунку пористості за різними методами.

Метод АК. На даних глибинах вплив термобаричних умовах на величину DTP незначний, тому поправка за ущільнення не вводилась. Визначено, що на величину DTP залишкова газонасиченість практично не впливає при пористості менше 12%. Враховуючи однотипність літології розрізу метод АК надає точні результати розрахунку коефіцієнту відкритої пористості. Аналіз розрахунку пористості по методиці з ГЕО вказує на зниження її ефективності при об'ємній глинистості більше 15%. Тому доцільніше використовувати рівняння Віллі з поправкою за глинистість по Ларіонову для більш давніх відкладів [1, 5] з наступними параметрами: DTP матриці пісковику – 168 мкс/м, DTP флюїду – 580 мкс/м, DTP «глин» – 270 мкс/м. Абсолютна апаратурна похибка виміру інтервального часу проходження повздовжньої хвилі складає ±6 мкс/м, що в даних відкладах відповідає ±1.5% пористості. В цілому, при повторному запису АК іншою апаратурою підтверджується хороша збіжність даних, але є інтервали де абсолютна похибка розрахунку коефіцієнту пористості сягає ±1.5%, що знижує ефективність методу. Тріщини й неоднорідність викликають додаткові помилки, які неможливо врахувати без інших методів. Достовірність методу можна підвищити повторними вимірами.

Метод ГГКлщ. Висока точність розрахунку коефіцієнту відкритої пористості в аренітах. Але при збільшенні глинистості, гетерогенності точність знижується. Авторами встановлено наступні параметри матриці при розрахунку коефіцієнту пористості: RHOZ матриці пісковика – 2.68 г/см^3, RHOZ глин – 2.70 г/см^3. Враховуючи невелику розбіжність по матрицям, вплив глинистості при розрахунку коефіцієнту відкритої пористості мінімальний. Крива фотоелектричного фактору дозволяє оцінити літологію. Наявність газу в інтервалі підвищує розрахункову відкриту пористість (компенсується в комплексі з НК [1, 5]). «Розмитий» діаметр свердловини сильно знижує якість даних, особливо при додаванні бариту у буровий розчин. Це є основним недоліком методу.

Метод НК. Метод відображає водневий вміст порід. У глинистих інтервалах відмічається значне завищення розрахункового коефіцієнту пористості. У щільних пісковиках можливо недооцінити пористість через менший вміст водню. У газонасичених зонах водневміст (пористість) занижується. Суттєвий вплив бурового розчину в інтервалах «розмитого стовбуру». Низька інформативність у наявної на ринку апаратурі (прилад не притискається до стінки свердловини). Метод доцільно використовувати: для визначення коефіцієнту відкритої пористості в комплексі з методами АК та ГГКлщ; для зменшення «газ-ефекту» на покази АК, НК; визначення глинистості в комплексі з ГГКлщ.

Інтеграція методів АК-НК, ГГКлщ+НК дозволяє достовірніше оцінювати коефіцієнт відкритої пористості в порівнянні з вище описаними методами, знижувати апаратурні похибки вимірювань, компенсувати вплив газонасичення. Алгоритм інтерпретації даних методів не вимагає введення параметрів матриць: DTP матриці пісковику, RHOZ матриці пісковику, що знижує похибку. При збільшенні об'ємної глинистості більше 15% точність даної методики суттєво знижується через вплив глинистості на НК.

За даними інтерпретації методів АК, ГГКлщ, НК ми з високою достовірністю можемо оцінити коефіцієнт відкритої пористості. Проте через складну будову порід-колекторів, наявності алевритової складової колекторські властивості продуктивних пластів сильно різняться при однаковому розрахованому коефіцієнту відкритої пористості. Тому важливо оцінити вміст капілярно зв'язаної води в поровому просторі.

Дану задачу з геофізичних методів впевнено може вирішити тільки ядерно-магнітний каротаж. За допомогою ЯМК вирішується ряд важливих завдань: визначення загальної, відкритої, ефективної пористості незалежно від літології; визначення розподілу пор за розміром; визначення залишкового водонасичення, прогнозування коефіцієнту проникності. За даними ЯМК чітко виділяються малопотужні проникні пласти-колектори, які підтверджуються випробуванням в експлуатаційній колоні.

Аналізуючи дані по свердловинам, відмічається, що в усіх свердловинах за даними ЯМК коефіцієнт відкритої пористості дещо менший від даних по іншим методам, що, скоріш за все, пов'язано з наявністю мікропор, які характеризуються надзвичайно короткими часом релаксації (Т2), частина сигналу встигає згаснути до того, як інструмент зареєструє його. Крім цього, у пористих газоносних пластах, через вплив газу коефіцієнт пористості теж може бути заниженою (компенсується в комплексі із ГГКщ). З недоліків методу є: «розмитий» діаметр свердловини та наявність металевих частинок у стовбурі свердловині сильно знижує якість даних, а також доступність на ринку послуг.

Висновки. Теригенні відклади через складну гетерогенну будову порід-колекторів, наявності алевритової складової, та глинистої речовини в цементі породи ускладнюють інтерпретацію геофізичних методів. Найбільш достовірним у таких умовах є ядерно-магнітний каротаж, що дозволяє оцінити саме коефіцієнт ефективної пористості, розподіл пор за розміром та допомагає в прогнозуванні коефіцієнту проникності. При визначенні коефіцієнту відкритої пористості в інтервалах з номінальним діаметром та об'ємною глинистістю менше 15% доцільніше використовувати інтеграцію методів ГГКлщ+НК та АК+НК. У глинистих породах коефіцієнт відкритої пористості рекомендується розраховувати окремо за методами АК, ГГКлщ. В інтервалах з «розмитим» стовбуром свердловини для розрахунків доцільно використовувати метод АК. Жоден метод з ГДС не є універсальним, але їхнє поєднання дозволяє отримати достовірну оцінку коефіцієнту пористості навіть у найскладніших умовах.

Список використаних джерел:

1. Bateman, R. M. (2012). Open hole Log Analysis and Formation Evaluation. Second Edition. ISBN 978-1-61399-269-2 (Digital).
2. Darling T. (2005). Well Logging and Formation Evaluation. ISBN: 0-7506-7883-6.
3. Doveton, J. H. (2014). Principles of mathematical petrophysics (No. 9). Academic.
4. Kennedy M. (2015). Practical petrophysics (Vol. 62). Elsevier. ISBN: 978-0-444-63270-8.
5. Schön J. H. (2015). Physical properties of rocks: Fundamentals and principles of petrophysics (Vol. 65). Elsevier.

ЕНЕРГЕТИЧНА НЕЗАЛЕЖНІСТЬ УКРАЇНИ. НАРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ДЕРЖАВИ



УДК 551.23-43.55(477.8)

ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА І ПЕРСПЕКТИВИ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ СТРУКТУРИ ВОРОНЕНКА СКИБОВОГО ПОКРИВУ КАРПАТ

Шлапінський В.Є., *к. геол. н.**,** с. н. с., vlash.ukr@gmail.com;*
Павлюк М.І., *д. геол.-мін. н., професор, pavlyuk.myroslav@gmail.com,*
Лазарук Я.Г., *д. геол. н., с. н. с., lazaruk_s@i.ua;*
Савчак О.З., *к. геол. н.**,** с. н. с., savchakolesya@gmail.com;*
Тернавський М.М., *matrix5@ukr.net*;
Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна

Протяжна поверхнева антикліналь Вороненка карпатського простягання територіально знаходиться в Івано-Франківській області. У структурно-тектонічному відношенні вона локалізована у скибі Зелем'янка. Посідає частково збережені крила та склепіння. Розділена на п'ять тектонічних блоків. Перспективні об'єкти пов'язані з пісковиками вигодської та ямненської світ на глибинах 1100-2000 м, які надійно екрановані від поверхні варто вказати покришки, а то речення якесь не закінчене, наприклад, глинистими відкладами манявської і бистрицької світ. В межах структури зафіксовані поверхневі нафтопрояви. Складка знаходиться над перетином трьох глибинних розломів: Покутського, Ужоцького і Вікторівського. Прогнозований тип флюїду – нафта. На структуру складений паспорт і визначено місце закладення розташування пошукової свердловини №2-Вороненка.

Ключові слова: структура, перспективні об'єкти, вигодські, ямненські пісковики, колектори, тектонічні блоки.

GEOLOGICAL STRUCTURE AND PROSPECTS OF OIL AND GAS BEARING CAPACITY OF THE VORONENKO STRUCTURE OF THE SKYBOVY NAPPE OF THE CARPATHIANS

Shlapinsky V., *Cand. Sci. (Geol.), vlash.ukr@gmail.com;*
Pavlyk M., *Dr. Sci. (Geol.-Mineral.), Prof., pavlyuk.myroslav@gmail.com,*
Lazaruk Ya., *Dr. Sci. (Geol.), Senior fellow, lazaruk_s@i.ua;*
Savchak O, *Cand. Sci. (Geol.), Senior Researcher*, *savchakolesya@gmail.com;*
Ternavskyi M., *matrix5@ukr.net*;
Institute of Geology & Geochemistry of Combustible Minerals of NASU, Lviv, Ukraine

The Voronenko surface anticline of the Carpathian extension is located in the Ivano-Frankivsk region. Structurally and tectonically, it is localized in the Zelemyanka block. It has partially preserved wings and arches. It is divided into five tectonic blocks. Prospective objects are associated with sandstones of the Vygoda and Yamna formations and clayey sediments of the Bystrysa and Manyava formations worlds at depths of 1100-2000 m, which are reliably shielded from the surface. Surface oil occurrences have been recorded within the structure. The fold is located above the intersection of three deep faults of Pokutsky, Uzhotsky and Viktorivsky. The predicted type of fluid-oil. A passport has been drawn up for the structure and the location of the exploration well No. 2-Voronenko has been determined.

Keywords: structure, promising objects, Vygod, Yamnenskaya sandstones, collectors, tectonic blocks.

Перспективна структура Вороненка розташована в Надвірнянському районі Івано-Франківської області, поблизу населених пунктів Вороненка–Яблуниця–Поляниця. Структура закартована В.Є.Шлапінським у 1983–1985 рр. (рис. 1). Вона знаходиться у одній з тильних лусок скиби Зелем'янки Скибового покриву (Яблуницькій) і охоплює склепінну частину та фрагмент її північно-східного крила. Поперечними скидо-зсувами складка розбита на п'ять тектонічних блоків, з південного-сходу на північний-захід: Вороненки, Погарека, Яблуниці, Побоїчного та Поляниці (рис. 1). З них у трьох піднесених блоках, крім блоків Вороненка та Яблуниця, на денну поверхню виходять низи головецької світи олігоцену (P$_3$*gl*). Вони представлені чергуванням аргілітів чорних кременистих, некарбонатних, дуже щільних (0,05-0,25 м), пісковиків сірих і темно-сірих, некарбонатних і карбонатних, в основному дрібно-середньозернистих (0,1-0,5-1,2 м), мергелів сидеритових (0,1-0,5 м). В розрізі також присутній тилявський горизонт кременів та смугастих вапняків (5-10 м), складений крім цих порід також аргілітами чорними, алевролітами, пісковиками, туфітами і тонкими прошарками туфів.

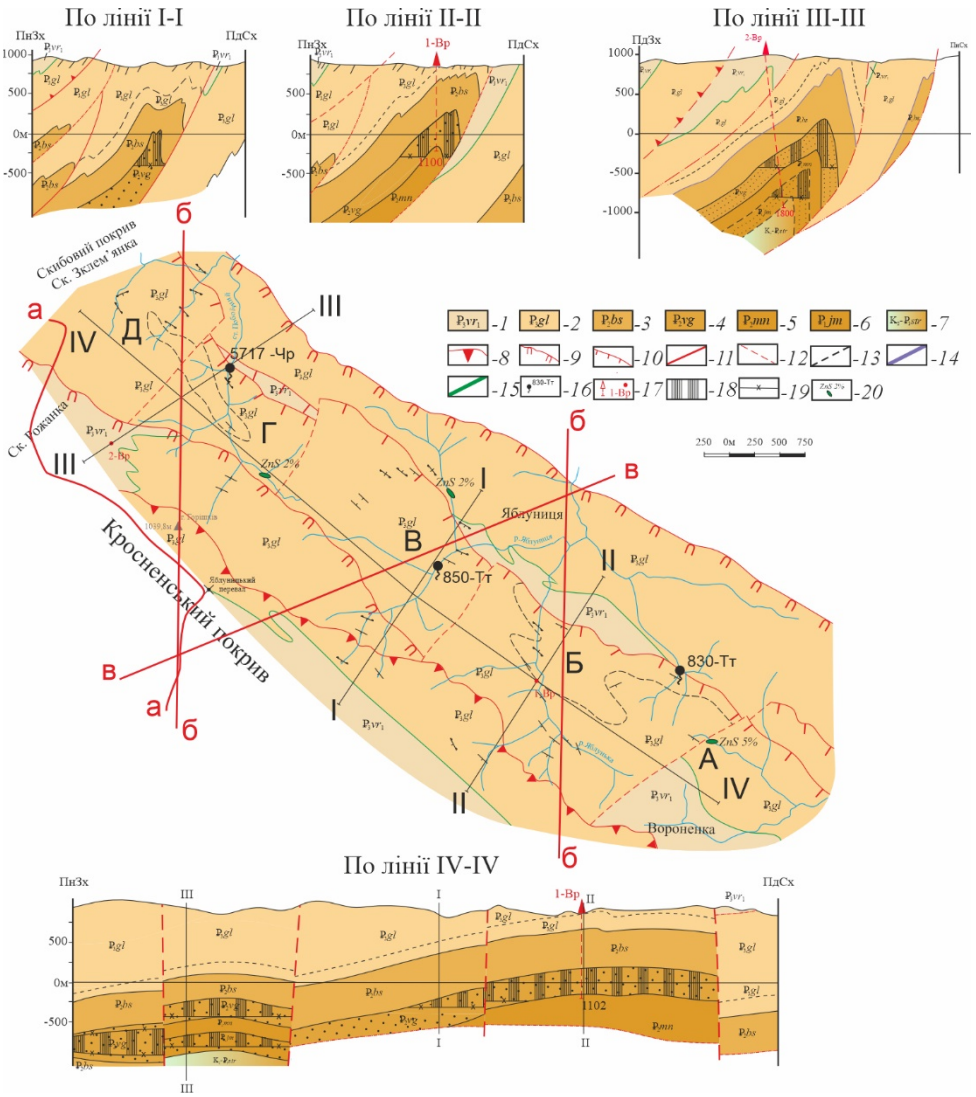


Рис. 1. Геологічна карта і розрізи структури Вороненка.
Олігоцен: 1 – нижньоверховинська підсвіта; 2 – головецька світа; Еоцен: 3 – (верхній) бистрицька світа; 4 – (середній) вигодська світа; 5 –(нижній) манявська світа; 6 – палеоцен, ямненська світа; 7 – верхня крейда-палеоцен, верхньострийська підсвіта; Насуви: 8 – Кросненського покриву; 9 – насуви скиб Скибового покриву; 10 – насуви лусок; 11 – проєкція глибинних розломів на денну поверхню; 12 – скидо-зсуви у флішовому чохлі; маркуючі горизонти: 13 – тилявський; 14 – нижньокременевий; 15 – смугастих вапняків; 16 – відслонення з нафтопроявами площ геологічних зйомок – Тт, Чр (Татарів, Чорногорська); 17 – проєктні свердловини; 18 – прогнозований нафтовий поклад; 19 – лінія прогнозованого водо-нафтового контакту; 20 – аномальні вмісти сфалериту (шліхове випробовування). Тектонічні блоки структури Вороненка: А – Вороненка, Б – Погарек, В – Яблуниця, Г– Побоїчний, Д – Поляниця

Поблизу горизонту в розрізі зустрічаються також аргіліти сірі з зеленуватим відтінком, які нагадують породи еоцену. Зазвичай у розрізах Скибового покриву тилявський горизонт знаходиться на 10-60 м вище від маркуючого горизонту нижніх кременів, проте в розрізах Яблуницької луски під ним знаходиться аж 70 м досить глинистої, темноколірної кременистої товщі низів головецької світи, без ознак присутності горизонту нижніх кременів. Отже тут тилявський горизонт віддалений від нижньокременевого горизонту не менш, мабуть, як на 100 м. Власне по виходах тилявського горизонту на денну поверхню й була закартована Вороненківська структура. Під породами олігоцену мають залягати відклади еоцену, який у скибі Зелемянки найближче відслонюється в сусідній на північ від Яблуницької луски Таупширській антикліналі на відстані 20 км на північний захід від стр. Побоїчний. Там еоцен поділяється

на три світи: бистрицьку, вигодську та манявську. У переважній більшості розрізів Скибового покриву бистрицька світа ($Р^3_2bs$) представлена тонко-середньоритмічним перешаруванням аргілітів та алевролітів. У південно-східній частині скиби Зелем'янки відзначається поява у розрізі світи з'являються масивні пісковики (до 3 м), які розділяють пачки тонкоритмічного флішу. Товщина бистрицької світи близько 350 м. Під нею розвинута суттєво піщана товща середнього еоцену – вигодська світа (близько 200 м). Вигодські пісковики сірі та зеленувато-сірі, кварцові, дрібнозернисті, некарбонатні є породами з невисокими та середніми колекторськими властивостями. Хоч подекуди пористість пісковиків досягає 15-22%, однак в основному становить 7,5-9,5%. Тим не менше вони можуть бути перспективними щодо промислової нафтоносності, враховуючи їхні задовільні колекторські властивості та наявність екранів у розрізі Вороненківської структури – глинистих пачкок пачок в низах олігоцену – верхній частині еоцену. Під вигодською світою знаходиться манявська світа нижнього еоцену товщиною 170 м, а під нею – суттєво піщана ямненська світа. Пісковики останньої також відзначаються задовільними колекторськими властивостями.

З південного сходу перспективна частина складки відокремлена від решти луски (від тектонічного блоку Вороненка) скидо-зсувом, із значними зміщенням як по вертикалі (1000м), так і по горизонталі, а з північного сходу луска повністю зрізається, насуваючись на сусідні луски скиби Зелем'янки. Це забезпечує її хорошу екранованість. Інтенсивна зім'ятість склепінної частини складки (це добре помітно по відкладах олігоцену на денній поверхні), має суттєво покращити ємнісні фільтраційно-ємнісні характеристики за рахунок сильної тріщинуватості.

Про насиченість потенційно продуктивних горизонтів складки вуглеводнями свідчать нафтопрояви: витікання крапель нафти у річці Яблуниці (відсл. № 850 пл. Татарів) [2] і коричнево-чорної нафти з тріщинуватих пісковиків головецької світи Вороненківської луски біля її насуву на сусідню луску скиби Зелем'янки по потоку Побоїчний (ліва притока р. Прутець Яблуницький), відзначене одним з авторів цих тез в 1984 р. у відслоненні 5717 [1]. За свідченням місцевих мешканців хутора Горішків біля Яблуницького перевалу (зокрема, громадянина Тимофія М. Г.), вода в криницях періодично має відчутний запах гасу (поблизу хутора проходить поперечне порушення, яке р розділяє південно-східні блоки луски – Яблуниця і Побоїчний). Пісковики головецької світи із запахом нафти і проявами бітуму виявлені і у фронтальній частині луски Вороненка в правій притоці р. Яблуниці – струмку Яблунька (блок Погарек, відслонення 830 пл. Татарів). Слід також зазначити, що в у потоках, які перетинають Вороненківську структуру, зафіксовано декілька ореолів розсіювання сфалериту з вмістом його до 5% від ваги важкої фракції шліха, що є додатною ознакою нафтогазоносності. Також згідно до літературних даних в районі с. Вороненка проводився видобуток нафти [3].

Для оцінки нафтогазоносності території Складчастих Карпат, крім даних про її прямі ознаки (нафтогазопрояви), можна також використовувати опосередковані ознаки. До таких належить сульфідна мінералізація негідротермального походження. На північному схилі Українських Карпат був встановлений позитивний кореляційний зв'язок між нафтогазоносністю і вмістом сульфідів цинку, свинцю, міді та нетехногенного самородного свинцю в шліхових пробах з алювіальних відкладів. Доведено, що джерелами сфалериту, галеніту, халькопіриту в алювії карпатських річок і потоків є породи крейдо-палеогенового флішу [4, 5]. Утворення цих сульфідів відбувалось шляхом взаємодії підземних вод, насичених іонами металів (цинку, свинцю та міді) з сірководнем, який надходив у розріз з місць скупчень вуглеводнів в у результаті сульфат-редукції. Він переводив добре розчинні сульфати і хлориди цих металів у погано розчинені сульфіди (геохімічний бар'єр). Більш значним скупченням вуглеводнів (це, мабуть, переважно стосується нафти) відповідають більші вмісти сульфідів у шліхах, зокрема, їхні вагові відсотки від важкої фракції шліха. Процентні вмісти сфалериту зафіксовані в межах структури Вороненка (до 5%). Як правило, вони пов'язані з скидо-зсувами і насувами.

Ще одним позитивним фактором нафтогазоносності Вороненківської структури вважаємо вплив розломної тектоніки. Тут зближуються три лінеаменти, які на геологічній карті ділянки Вороненка позначені, відповідно: Ужоцький розлом (а-а), Радехівсько-Вікторовська (б-б) і Покутська(в-в) зони розломів[6]**.** Західне обмеження останньої знаходиться поза межами карти. Відомо, що глибинний розлом – це лінійна зона, в котрій зосереджені розриви, інтенсивна складчастість і тріщинуватість, сліди дроблення порід і прояви жильної мінералізації. Дійсно, підвищена концентрація скидо-зсувів північно-східної і діагональної орієнтацій спостерігається в зоні впливу Покутського розлому в басейні р. Тиси в смузі шириною біля 40 км. Мабуть інші глибинні розломи, згадані тут, характеризуються подібним. Перетини декількох лініаментів (так звані вузли), вважаються особливо сприятливими, як канали для надходження вуглеводнів з глибини.

Враховуючи морфологію складки та товщини усіх стратиграфічних одиниць, які її складають, слід сподіватись, що нафтонасичені пісковики вигодської, а в тектонічному блоці Побоїчний – вірогідно, і ямненської світ, будуть розкриті в інтервалі глибин 1100-1800 м. Перекриваючі їх згори глинисті відклади верхнього еоцену та нижнього олігоцену можуть бути екранами для вуглеводнів, як поперечні (скидо-зсуви) та поздовжні (насуви) тектонічні порушення.Тип флюїду нафтовий. Ми оцінили її ресурси в межах Вороненківської структури (табл. 1). Площі покладів у відкладах олігоцену вирахувані згідно до наших структурних побудов на рис. 1. Решту необхідних для підрахунку даних прийнято за результатами аналізу параметрів покладів найближчих родовищ Скибового та Бориславсько-Покутського покривів, насамперед Микуличинського, Довбушансько-Бистрицького, Слобода-Рунгурського за даними Балансу корисних копалин України.

Таблиця 1. Оцінка ресурсів нафти

Вік продуктивного горизонту	Категорія	Площа, км^2	Ефективна товщина, м	Коефіцієнти			Густина, т/м^3	Геологічні ресурси, млн т	К. вилуч., частка одиниці	Видобувні ресурси, млн т.
				$К_п$, частка одиниці	$К_{нг}$, частка одиниці	Перерахунковий, частка одиниці				
~~P$_2$~~^{2} *vg*	D_1	3,4	20	0,85	0,75	0,75	0,85	27,6	0,18	5,0

Щоб повністю розкрити горизонт вигодських пісковиків, проєктну глибину свердловини 1–Вороненка в блоці Погарек приймаємо рівною 1100 м. У блоці Побоїчний підошва пісковиків вигодської світи може бути розкрита на глибині 1300 м, а ямненської – 1750 м.

Описані вище факти свідчать про те, що Вороненківська структура є найперспективнішою з усіх ділянок Скибового покриву у південно-східній частині Карпат, враховуючи, що глибини проєктних свердловин, які будуть повністю розкривати продуктивні горизонти, припустимо знаходитимуться в інтервалі глибин всього лише 1100–2000 м.

Список використаних джерел:

1. Ващенко В. А., Агеев В. А., Шлапинский В. Е. Царненко П. Н., Бузяк И. П. Отчет по групповой геологической съемке масштаба 1:50000 территории Ивано-Франковской и Закарпатской областей УССР за 1981-1985 г.г. Т. 1 (текст). ЛГРЭ ПГО “Запукргеология”. Львов, 1985.460 с. Фонди ДП “Західукргеологія.”

2. Жигунова З. Ф. Отчет о геологических исследованиях, проведенных на площади Татаров Станиславской области УССР в 1956 г. Объед. “Укрнефть”, ЛГПК. Львов, 1957. 138 с. Фонди ДП “Західукргеологія.”

3. Клапчук В. М. Корисні копалини Галичини: видобування та переробка. Ів.-Франківськ: Фоліант, 2013. 508с.

4. Шлапінський В. Є. Геохимические аномалии Складчатых Карпат и их связь с нефтегазоносностью. Проблемы геологии и геохимии горючих ископаемых запада Украинской ССР: Тезисы докл. респ. конф. (Львов, 2–6 октября-1989г.), 1989. Т. III. С. 77–78.

5. Шлапінський В. Є. Геологічна будова Скибового, Кросненського і Дуклянсько-Чорногорського покривів Українських Карпат та перспективи їх нафтогазоносності. Автореф. Дис…канд..геол. наук Львів, 2015. 22с.

6. Shlapinskyi V. E. Pokuttia deep fault and its influence on tectonics and the oil- and gas-bearing of the south-eastern segment of the Carpathians «Геодинаміка/Geodynamics», 2018, 2 (25). С.-53–69.

УДК 550.3

ГЕОФІЗИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИ КОНТРОЛІ ЗА РОЗРОБКОЮ ЯК СКЛАДОВА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ УКРАЇНИ

Тімченко Т.М.*[1]*, *ttn.geofizik@ukr.net,*
Муромцева О.І.*[2]*, *murom66@ukr.net,*
1 – ТОВ «Надра сервіси», Київ, Україна;
2 – АТ «Укргазвидобування», Київ, Україна

Розробити спільні можливості, направлені на підвищення стійкості енергетичного сектору країни. Спрямувати всі можливі зусилля для подолання енергетичного дефіциту шляхом збільшення видобутку власних природних ресурсів. Звернути увагу геологічної та геофізичної спільноти на розвиток вітчизняного нафтогазового сервісу в теперішніх умовах. Поділитися думкою та досвідом щодо використання радіоактивних геофізичних методів при контролі за розробкою: ГК (гама-каротаж), НГК (нейтронний гама-каротаж), 2ННК (нейтрон-нейтронний каротаж) для уточнення характеру насичення пластів в обсаджених свердловинах.

GEOPHYSICAL RESEARCH IN FIELD DEVELOPMENT MONITORING AS A COMPONENT OF UKRAINE'S ENERGY STABILITY

Timchenko T.*[1]*, *ttn.geofizik@ukr.net,*
Muromtseva O.*[2]*, *murom66@ukr.net,*
1 – Nadra Services LLC, Chief Geologist, Kyiv, Ukraine,
2 – JSC Ukrgasvydobuvannya, Kyiv, Ukraine

Develop joint opportunities aimed at increasing the sustainability of the country's energy sector. To direct all possible efforts to overcome the energy deficit by increasing the production of our own natural resources. To draw the attention of the geological and geophysical community to the development of domestic oil and gas services in the current environment. To share opinions and experience on the use of radioactive geophysical methods in development control: GR (gamma-ray log), NGR (neutron gamma-ray log), 2NNC (neutron-neutron log) to clarify the nature of formation saturation in cased wells.

Вступ. Відновлення енергетичного сектору – одна з пріоритетних задач України в умовах воєнних дій та після їх завершення. Енергетична інфраструктура під час військової агресії зазнала серйозних пошкоджень. Постійні масовані обстріли негативно впливають на реалізацію проектів видобутку нафти та газу для забезпечення країни енергоресурсами. Перед громадськими діячами у сфері енергетики постійно постають питання пошуку забезпечення стабільної роботи, направленої на видобуток власних природних ресурсів. Зниження об’єму геолого-пошукових робіт та освоєння нових родовищ викликало зменшення власного видобутку. Одна з головних цілей, яка стоїть перед фахівцями геологічної сфери – це об’єднання зусиль для зміцнення енергетичної стійкості країни власними силами.

Великий вклад в реалізацію багатьох державних програм належить компаніям, які працюють на ринку геофізичних послуг. В умовах війни вітчизняні геофізичні підприємства опинилися перед викликами, які пов’язані з труднощами придбання сучасного технічного оснащення та оновлення апаратури. Але ці виклики відкривають можливості адаптації до існуючих реалій при виконанні досліджень у свердловинах та їх інтерпретації.

Серед найбільш затребуваних методів досліджень свердловин, які використовуються при контролі за розробкою, широке застосування належить радіоактивним методам: гама-каротаж (ГК), нейтронний гама-каротаж (НГК), двохзондовий нейтрон-нейтронний каротаж (2ННК), імпульсний нейтрон-нейтронний каротаж (ІННК) для уточнення характеру насичення пластів. За допомогою вищезазначених методів, маємо можливість визначати літологічну характеристику розрізу та ємнісні параметри пластів-колекторів через обсадну колону.

Наразі, на четвертий рік війни перед вітчизняними геофізичними підприємствами постала проблема дефіциту можливості виконання імпульсного нейтрон-нейтронного каротажу (ІННК) через брак нейтронних трубок до наявних приладів. Постає питання у

вирішенні задачі – з високою достовірністю визначити характер насичення пластів без використання методу ІННК.

Мета. Проаналізувати ефективність застосовуваних геофізичних досліджень методами: гама-каротаж (ГК), нейтронний гама-каротаж (НГК), двохзондовий нейтрон-нейтронний каротаж (2ННК), імпульсний нейтрон-нейтронний каротаж (ІННК) для уточнення характеру насичення пластів.

Методи. Проведено аналіз матеріалів геофізичних досліджень, літератури за темою роботи.

Результати. Методика інтерпретації методів ГК (гама-каротаж), НГК (нейтронний гама-каротаж), 2ННК (нейтрон-нейтронний каротаж) полягає в проведенні нормування кривих, отриманих при виконанні досліджень свердловин під час експлуатації до фонових вимірів. Фонові виміри – це виміри, які проведені під час буріння свердловини або відразу після спуску експлуатаційної колони. Процес нормування полягає в приведенні кривих методів ГК, НГК, 2ННК до «фонових» умов, що дає можливість порівняти та прослідкувати зміни кривих в часі після розформування зон проникнення бурового розчину в пласт. При визначенні характеру насичення пластів за даними нормування методів НГК та 2ННК простежується зниження/ підвищення в часі гама-випромінювання/ щільності нейтронів, що відповідає обводненому/газонасиченому характеру насичення пласта відповідно [1]. При порівнянні кривих методу ГК простежується зміна в часі у вигляді радіоактивної аномалії, яка може бути одним з індикаторів процесу обводнення або впливом газоконденсатного фактору [2].

За даними ІННК (імпульсний нейтрон-нейтронний каротаж) розраховується середній час життя теплових нейтронів (***τ*, мкс)**. Пласти, які характеризуються підвищеними значеннями τ за характером насичення – ущільнені, нафтогазонасичені. Пласти, які характеризуються зниженими значеннями τ за характером насичення – глинисті, водонасичені (обводнені мінералізованою водою) [1].

На рисунках 1, 2 представлені діаграми радіоактивних методів та порівняльна характеристика пластів за характером насичення проведеними різними геофізичними компаніями. На діаграмах приведені дослідження методами ГК, 2ННК з метою визначення характеру насичення пластів в експлуатаційній свердловині № 11 (рис. 1). Так як свердловина тривалий час була в експлуатації, для отримання більш детальної інформації з метою виявлення інтервалів обводнення, було прийнято рішення виконати дослідження методом ІННК (рис. 2). Коротко про свердловину: Свердловина закінчена бурінням у 1975р. Дослідження методами РК проведено у відкладах C_1^s (горизонт С-7). Інтервал досліджень 4100-4480 м. За даними ГДС-буріння пласти з ПЕО, який дорівнює 100 Омм, віднесено за характером насичення до слабогазонасичених. Пласти з ПЕО 80-100 Омм та ΔТ=210-213 мкс/м віднесені до газоносних. Продуктивні пласти попередньо були розкриті ПВР.

На рис. 1 представлені результати досліджень методами ГК, НГК, 2ННК та інтерпретація характеру насичення пластів:

- фонові криві методів ГК, НГК (виконані у відкритому стовбурі);
- криві 2ННК з нормованою НГК;
- нормовані криві нейтронної пористості;
- співставлені криві ГК.

За результатами аналізу наявних матеріалів ГДС можна зробити висновки:

- при нормуванні кривих НГК та ННКмз ніяких змін в часі не спостерігається;
- при нормування кривих нейтронної пористості змін в часі не спостерігається;
- за даними співставлення кривих ГК суттєвих радіоактивних аномалій не зафіксовано.

Обводнені пласти в інтервалі проведення досліджень відсутні.

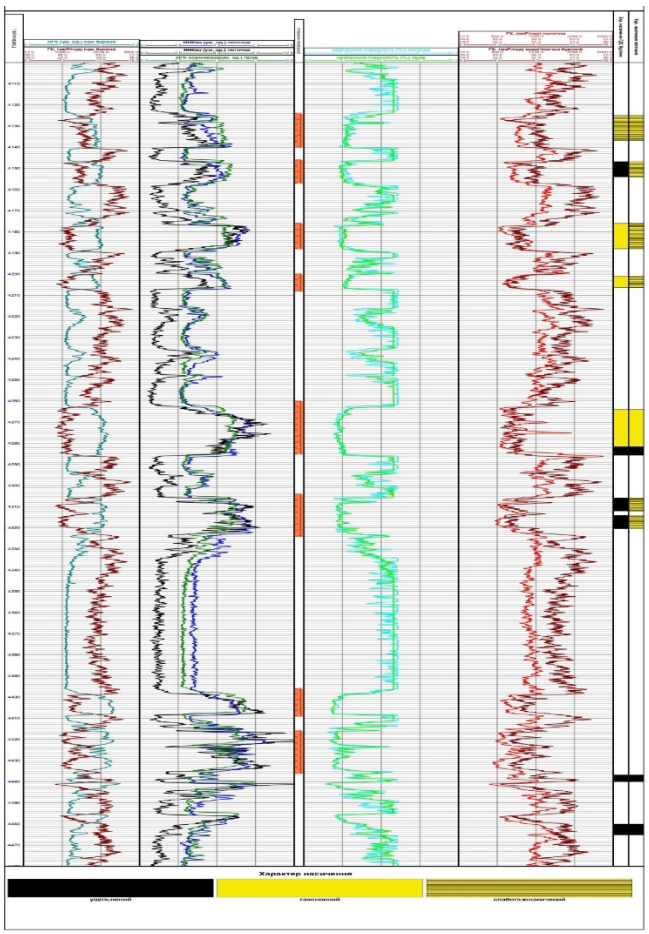


Рис. 1. Дослідження методами ГК, НГК, 2ННК. Дослідження відкладів C_1^s (горизонт С-7) у свердловині №11

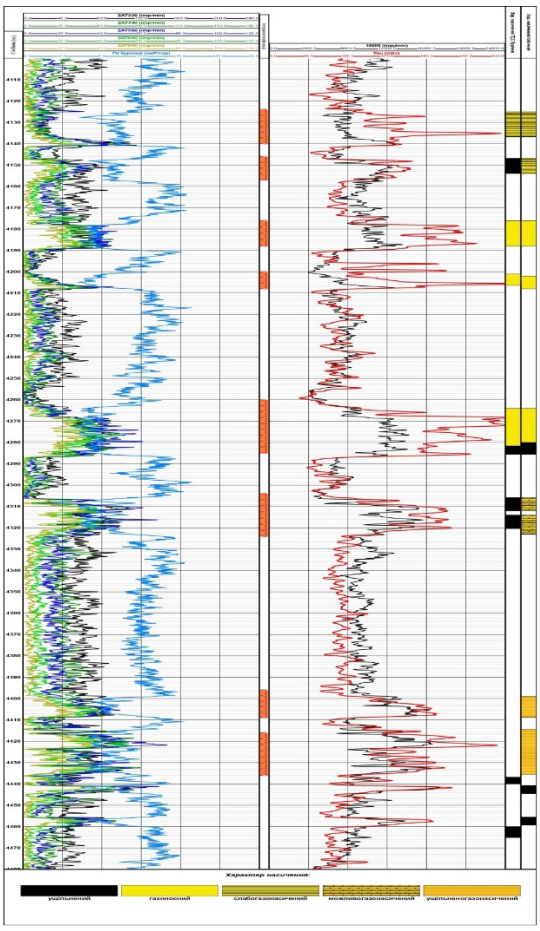


Рис. 2. Дослідження методом ІННК. Дослідження відкладів C_1^s (горизонт С-7) у свердловині №11.

На рис. 2 представлені результати досліджень методом ІННК та інтерпретація характеру насичення пластів:

– за результатами методу ІННК розраховано середній час життя теплових нейтронів τ (мкс). Значення τ відповідають підвищеним значенням, що характерно для ущільнених та нафтогазонасичених пластів. Обводнені пласти в інтервалі проведення досліджень відсутні.

Висновки по виконаних дослідженнях були підтверджені прямими методами (проведена реперфорація). Реперфорація виконана в інтервалах: 4264 – 4286 м, 4309 – 4313 м, 4315 – 4321 м. ПВР проведено зарядами LINK-43/DP ST HMX 8g 11/16/20 отв.п.м. На даний час свердловина працює $Q_{газу}$=3 тис.м3/добу, $Q_{конденсату}$=1,5 тис.м3/добу.

У свердловині №11 дослідження методами РК проведено у відкладах C_2^b (горизонт Б-2). Інтервал досліджень 3270-3370 м (рисунок 3). За даними ГДС-буріння пласти з ПЕО, які дорівнють 24-70 Омм, віднесено за характером насичення до газоносних та слабогазонасичених. Пласти з ПЕО 4,5 Омм віднесені до обводнених. В даному інтервалі виділені пласти-колектори з ΔТ=230-240 мкс/м. Продуктивні пласти попередньо були розкриті ПВР. Раніше свердловина працювала з $Q_{газу}$ = 103 тис. м^3/добу.

На рис. 3 представлені результати досліджень методів ГК, НГК, 2ННК та інтерпретація характеру насичення пластів:

- фонові криві методів ГК, НГК (виконані у відкритому стовбурі);
- криві 2ННК з нормованою НГК;
- нормовані криві нейтронної пористості;
- співставлені криві ГК.

За результатами аналізу наявних матеріалів ГДС можна зробити висновки:

- при нормуванні кривих НГК та ННКмз спостерігається тенденція зниження в часі;

- при нормування кривих нейтронної пористості відмічається зміна в конфігурації кривої поточних даних, що супроводжується тенденцією до збільшення значень;

- за даними співставлення кривих ГК зафіксовані РГЕ в інтервалі 3308 – 3336 м.

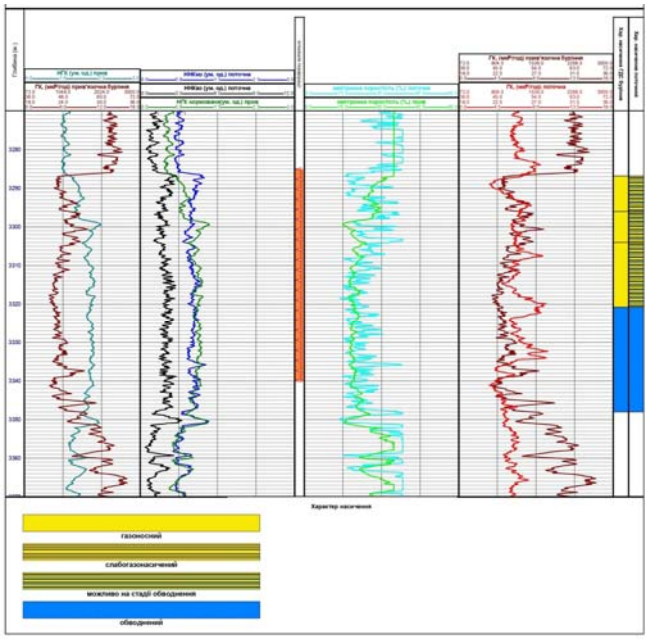


Рис. 3. Дослідження методами ГК, НГК, 2ННК у свердловині №11.
Дослідження відкладів C_2^b (горизонт Б-2)

За результатами досліджень зроблені висновки про можливість початку обводнення продуктивних пластів-колекторів. Дослідження свердловини (горизонт Б-2) методами ГДС-контролю в даному інтервалі не проводилось. Щоб підтвердити висновки зроблені за результатами досліджень методами ГК, НГК, 2ННК, пропонуємо розглянути дослідження методом термометрії та манометрії, аналогічного горизонту (Б-2) в свердловині № 30 даного родовища.

На рис. 4 представлена діаграма ГДС-контролю проведеного у свердловині № 30. Горизонт (Б-2) в свердловині № 30, за даними ГДС-буріння, літологічно представлений пісковиками: 3285-3306 м (Кп=12-17 %, Кг=80%, ПЕО=60 Омм – газоносний), 3306-3312,4 м (Кп=9,5 %, Кг=65%, ПЕО=38 Омм – газонасичений), 3312,4-3327,6 м (Кп=12-9,5 %, Кг=65%, ПЕО=20 Омм – газонасичений), 3327,6-3331,6 м (Кп=12 %, Кг=64%, ПЕО=17 Омм – газонасичений), 3331,6-3336,4 м (Кп=11%, Кг=50%, ПЕО=11 Омм – газ+вода за характером насичення), 3336,4-3343,5 м (Кп=11%, ПЕО=4,5 Омм – водоносний). На діаграмі представлені найбільш інформативні, в даному випадку методи: термометрія, манометрія (в розрахунку густини). Дослідження проведені в закритій свердловині (свердловина закрита близько 2 діб, Ртр/зтр=42/45 атм) та у відкритій (Ртр/зтр=0/45 атм). За результатами розрахунку густини в стовбурі свердловини розгазована рідина δ = 0,88 – 1,01 г/см^3. Інтервал перфорації частково перекритий НКТ. Навпроти інтервалу перфорації на фоні додатнього градієнту кривої термометрії спостерігаються слабкі від'ємні теплові аномалії. За даними ГК аномалія РГЕ зафіксована в інтервалі 3310 – 3330 м. За виконаними дослідженнями зроблено висновок про поступлення газу з водою. На сьогодні свердловина №30 працює (горизонт (Б-2) $Q_{газу}$=0,6 тис. м3/добу ($Q_{газу}$=17 тис.м^3/місяць та $Q_{води}$=5 м^3 за місяць).

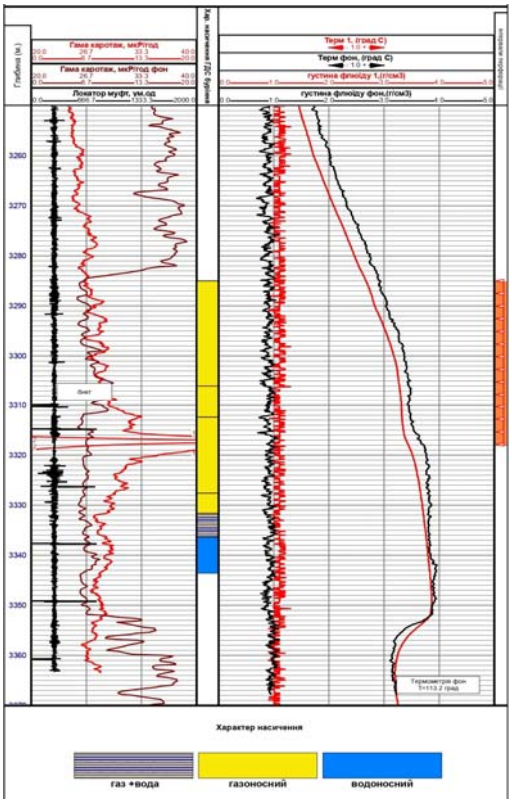


Рис. 4. Дослідження методами термометрії, манометрії у відкладах C_2^b (горизонт Б-2) у свердловині №30.

На рис. 5 показана кореляційна схема свердловин №№11, 30 даного родовища.

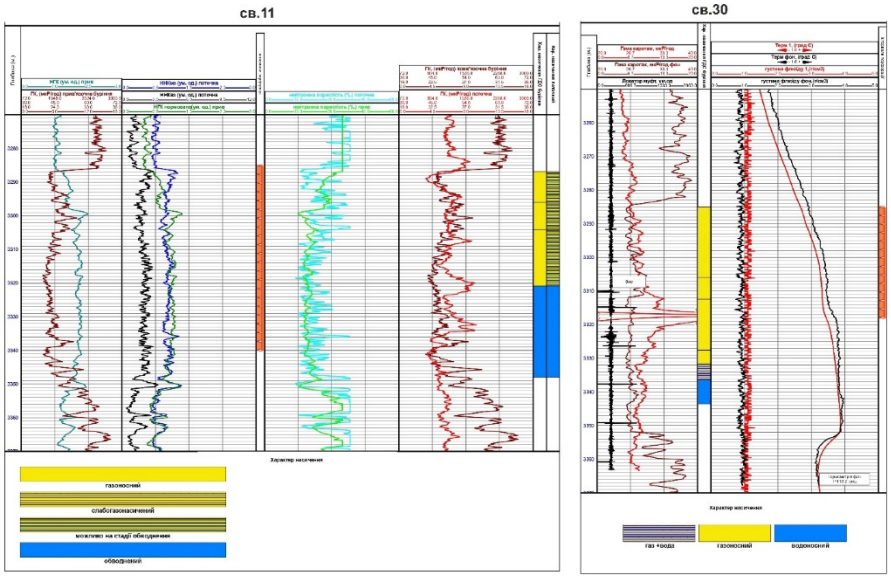


Рис. 5. Кореляційна схема свердловин №№11, 30

Висновки. При залученні додаткової інформації, скорочений комплекс (РК) радіоактивних методів дослідження: ГК (гама-каротаж), НГК (нейтронний гама-каротаж), 2ННК (нейтрон-нейтронний каротаж) досить ефективно вирішує задачі по визначенню поточного характеру насичення пластів в обсаджених колоною свердловинах, навіть при відсутності ІННК (імпульсний нейтрон-нейтронний каротаж). Не дивлячись на те, що інтерпретація вищевказаних методів базується в більшості на якісних характеристиках, фізична та економічна ефективність методів ГК, НГК, 2ННК доведена практичними результатами.

Список використаних джерел:

1. Геофізичні методи розвідки та дослідження свердловин. Знаменский В.В, Жданов М.С, Петров Л.П, 1981 р, стор. 251.

2. Геолого-промислові дослідження роботи газових свердловин на основі вивчення теригенних колекторів Шебелинської групи родовищ. Прилипко І.П, 1973 р, стор. 16-17.

3. Gregory King, Professor of Practice, Petroleum and Natural Gas Engineering, The Pennsylvania State University. Introduction to Petroleum and Natural Gas Engineering. 3.2.2: Porosity from Well Logs. 2023, https://www.e-education.psu.edu/png301/node/835

УДК 553.98(477)

МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕГУЛЮВАННЯ ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СВЕРДЛОВИН В УКРАЇНІ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МІЖНАРОДНОГО ДОСВІДУ ТА СТРАТЕГІЯ РЕФОРМУВАННЯ

Олійник О.В.[1], *к. геол. н., orve@ukr.net;* ***Паюк С.О.***[2], *office@dkz.gov.ua;*
Соболь В.В.[2], *к. геол. н. office@dkz.gov.ua;*
1 – АТ «УКРНАФТА», Київ, Україна,
2 – Державна комісія України по запасах корисних копалин, Київ, Україна

Анотація. У статті проаналізовано чинний український стандарт СОУ 73.1-41-04.04.20:2007 Геофізичні дослідження та роботи у нафтогазових свердловинах. (далі – СОУ 2007) в частині визначення обов'язкових обсягів та комплексів геофізичних досліджень свердловин (ГДС) та обґрунтовано його невідповідність сучасним реаліям. Проведено порівняльний аналіз прескриптивного підходу України з гнучкими, результат-орієнтованими моделями провідних нафтогазовидобувних країн. На основі аналізу найкращих світових практик, за зразком канадської Директиви 080, запропоновано стратегію реформування. Пропонується скасувати застарілу таблицю інтервальності (Таблиця 6.2) та замінити жорсткий перелік комплексів ГДС (Таблиці 6.3-6.5) на диференційований перелік мінімально необхідних комплексів для вирішення геологічних завдань для кожної категорії свердловин. Такий підхід гарантує отримання критично важливої інформації на етапах розвідки та водночас надає необхідну гнучкість і підвищує економічну ефективність при розробці родовищ, керуючись принципом Цінності Інформації (VoI).

MODERNIZATION OF WELL LOGGING REGULATION IN UKRAINE: A COMPARATIVE ANALYSIS OF INTERNATIONAL EXPERIENCE AND A REFORM STRATEGY

Oliinyk O.[1]***,*** *Cand. Sci. (Geol.), orve@ukr.net;* ***Paiuk S.***[2]***,*** *office@dkz.gov.ua;*
Sobol V.[2]***,*** *Cand. Sci. (Geol.),office@dkz.gov.ua;*
1 – JSC «UKRNAFTA», Kyiv, Ukraine,
2 – State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine

Summary. This article analyzes the current Ukrainian standard SOU 73.1-41-04.04.20:2007 Geophysical surveys and operations in oil and gas wells (hereinafter – SOU 2007) regarding its requirements for mandatory scope and logging suites, and demonstrates its inadequacy under current conditions. A comparative analysis of Ukraine's prescriptive approach is conducted against the flexible, results-oriented models of leading oil and gas producing countries. Based on global best practices, modeled after the Canadian Directive 080, a reform strategy is proposed. It is suggested to abolish the outdated logging interval table (Table 6.2) and replace the prescriptive list of logging suites (Tables 6.3–6.5) with a differentiated set of minimally required suites tailored to solving geological tasks for each well category. This approach ensures the acquisition of critical information during exploration stages while providing necessary flexibility and enhancing economic efficiency during field development, guided by the Value of Information (VoI) principle.

Вступ. Ефективність розвідки та розробки вуглеводневих родовищ є ключовим пріоритетом для енергетичної безпеки України. Центральним елементом цього процесу є геофізичні дослідження свердловин (ГДС) — основне джерело інформації про геологічну будову розрізу [1]. Однак регуляторна база, що визначає порядок проведення ГДС, зокрема стандарт СОУ 73.1-41-04.04.20:2007 [2], не повною мірою відповідає принципам раціонального та комплексного використання надр, закладеним у Кодексі України про надра, та не враховує сучасні потреби галузі, яка модернізується в рамках загальнодержавного курсу на удосконалення законодавства [3].

Метою даної роботи, яка є продовженням попередніх досліджень авторів [4], є обґрунтування необхідності модернізації СОУ 2007. Для цього поставлено завдання: 1) проаналізувати ключові недоліки чинного стандарту; 2) порівняти їх з регуляторними моделями провідних нафтогазових країн; 3) запропонувати конкретні зміни на основі цього аналізу.

Виклад основного матеріалу

1. Ключові недоліки СОУ 2007 та його невідповідність сучасним викликам

Аналіз тексту СОУ 2007 виявляє низку фундаментальних проблем, що роблять його неефективним у сучасних умовах.

- **Прескриптивна вимога до інтервальності:** Це основний недолік стандарту, що базується на застарілій парадигмі «Залізного трикутника» (якість-вартість-час) [5]. Таблиця 6.2 жорстко регламентує максимальний інтервал між детальним ГДС (100-500 м) виключно на основі глибини свердловини.

Глибина свердловини, м		**Максимальний інтервал дослідження, м**
від	**до**	
0	1200	400-500
1200	3000	300
3000	4000	200
4000	5000	150
більше 5000		100

Таблиця 6.2. Інтервали детальних геофізичних досліджень згідно зі СОУ 2007

- Цей підхід змушує проводити численні проміжні спуско-підіймальні операції як для бурового інструменту, так і для каротажу на кабелі, що призводить до значного збільшення невиробничого часу і напряму підвищує вартість та сповільнює загальний цикл будівництва свердловин.
- **Орієнтація виключно на традиційні колектори**: Стандарт побудований на підходах до вивчення традиційних, гранулярних колекторів. У ньому повністю відсутні вимоги та методики для дослідження нетрадиційних покладів (сланцевий газ / *shale gas*, газ щільних порід / *tight gas*). Зокрема, не регламентується використання іміджерів для вивчення тріщинуватості або сучасних акустичних методів для побудови геомеханічних моделей, що є критично важливим для планування ГРП.
- **Технологічна негнучкість:** Ідеологія стандарту, закладена в Таблицях 6.3-6.5, побудована навколо досліджень у вертикальних та похило-спрямованих свердловинах. Це не враховує специфіку досліджень у горизонтальних стовбурах та не стимулює застосування сучасних інтегрованих технологій, таких як каротаж під час буріння (LWD), які дозволяють отримувати більш якісні дані в реальному часі без зупинки буріння, що мінімізує спотворення привибійної зони [6, 7].

2. Аналіз Міжнародних Регуляторних Моделей

Глобальна нафтогазова індустрія еволюціонувала від жорстких правил до гнучких, цільових систем, які збалансовують свободу оператора з державними інтересами.

- **Результат-орієнтований підхід (США):** Регуляторна модель, що базується на стандартах Американського нафтового інституту (API), є прикладом результат-орієнтованого підходу. Замість того, щоб диктувати конкретні методи чи інтервали, API розробляє «Рекомендовані практики» (*Recommended Practices, RPs*), які встановлюють цілі щодо безпеки, якості даних та цілісності свердловини [8]. Ця філософія надає операторам свободу вибору найефективніших технологій, стимулюючи інженерну відповідальність та інновації.
- **Цільовий, програмний підхід (Канада):** Ця модель, яскравим прикладом якої є Директива 080 [9], вимагає від операторів розробки та затвердження «Програми збору свердловинних даних» (ПЗСД) перед бурінням *(англ. Well Data Acquisition Program, WDAP)*. Суть підходу полягає у переході від сліпого виконання інструкцій до професійного обґрунтування. Хоча такий підхід є зразковим, пропонована для України реформа свідомо відходить від ідеї попереднього затвердження програм, щоб уникнути створення зайвих бюрократичних процедур, натомість покладаючи повну відповідальність на надрокористувача з можливістю подальшого аудиту.

- **Підхід "Дані як національний актив" (Норвегія, Велика Британія):** Це найпрогресивніша філософія, яка розглядає геолого-геофізичну інформацію як стратегічний національний ресурс. Вона створює мультиплікативний економічний ефект: дані, зібрані один раз, можуть бути використані багато разів іншими гравцями для нових відкриттів [14]. Оператори зобов'язані передавати всю інформацію до єдиного Національного репозиторію даних (NDR), що дозволяє проводити прозорий аудит повноти та якості інформації вже після завершення робіт [11, 12, 13].

3. Принцип Цінності Інформації (VoI) та необхідність гарантованого збору даних

Фундаментальним недоліком СОУ 2007 є ігнорування економічного принципу Цінності Інформації (*Value of Information, VoI*) [15]. Згідно з ним, інформацію варто збирати лише тоді, коли вона має потенціал змінити важливе економічне чи технічне рішення. Проте, гнучкість, яку надає цей принцип, має бути збалансована з державним інтересом щодо недопущення втрати критично важливої інформації, особливо на етапах пошуку та розвідки.

Основою для будь-якої достовірної інтерпретації ГДС є дослідження керну, яке дозволяє створити надійну петрофізичну модель "керн-ГДС". Найкращою світовою практикою є підхід, за яким хоча б одна пошукова або розвідувальна свердловина на родовищі ("еталонна свердловина" / *key well*) досліджується за максимально повним комплексом, включаючи розширений відбір керну [16]. Дані з цієї свердловини стають стандартом для калібрування і здешевлення досліджень у всіх наступних свердловинах.

4. Стратегія модернізації СОУ 2007

Пропонується модернізувати СОУ 2007, перейшовши від жорстких приписів до гнучкої, але контрольованої цільової системи. Представлена нижче концепція є цільовим баченням такої реформи, проте її остаточне оформлення та успішне впровадження вимагає глибокої синергії та фахового діалогу між провідними операторами нафтогазовидобування та регуляторними органами. Основна пропозиція: Скасувати прескриптивну Таблицю 6.2 (інтервальність) та замінити жорсткі Таблиці 6.3-6.5 (комплекси методів) на результат-орієнтований стандарт. що встановлює мінімально необхідні вимоги до вирішення геологічних завдань для кожної категорії свердловин.

Таблиця 1. Проєкт диференційованих геологічних завдань

Категорія свердловини та її стратегічна мета	Ключові завдання
1. Параметрична / Пошукова («Еталонна») Створення еталонної геологічної моделі	• Провести повне літо-стратиграфічне розчленування розрізу. • Ідентифікувати всі потенційні колектори та покришки. • Виконати розширений відбір керну для створення надійної петрофізичної моделі «керн–ГДС».
2. Розвідувальна Оконтурювання покладу та оцінка промислової значущості	• Зібрати дані для кількісної оцінки запасів, використовуючи еталонну модель як основу для калібрування. • Визначити положення флюїдних контактів. • Дослідити мінливість властивостей колектора по площі та оцінити характер тріщинуватості (для складних покладів).
3. Експлуатаційна (вертикальна/ похило-спрямована) Ефективне дренування запасів та контроль за розробкою	• Підтвердити проектні властивості колектора (ФЄВ) у точці дренування. • Оцінити поточні флюїдні насичення для моніторингу виснаження покладів.
4. Експлуатаційна (горизонтальна) Максимізація продуктивного контакту з колектором	• Забезпечити точне позиціонування стовбура в цільовому інтервалі (геонавігація) та зібрати дані про властивості колектора вздовж траєкторії для оптимізації завершення.
Універсальні технічні завдання Забезпечення цілісності та безпеки конструкції	• Отримати дані для контролю якості цементування та герметичності ізоляції зон. • Підтвердити фактичне положення стовбура свердловини (інклінометрія).

4.1. Принцип «Стандарту за замовчуванням з правом на обґрунтоване відхилення»

Для гармонізації двох ключових цілей — гарантованого збору критично важливої інформації, яка є національним активом, та забезпечення економічної ефективності й гнучкості для надрокористувача — пропонується закріпити в оновленому стандарті наступний принцип:

1. Встановлення базового стандарту. Для всіх вертикальних та похило-спрямованих свердловин (незалежно від категорії) встановлюється обов'язковий за замовчуванням мінімальний комплекс ГДС у відкритому стовбурі для визначення трьох фундаментальних параметрів: літології, пористості та насичення.

2. Право на обґрунтоване відхилення. Для специфічних, інженерно виправданих випадків (напр., горизонтальні стовбури) надрокористувач має право у «Програмі збору свердловинних даних» (ПЗСД) обґрунтувати відхилення від базового стандарту, довівши, що запропонований комплекс є достатнім для вирішення поставлених завдань, а цінність додаткової інформації (VoI) є незначною.

Цей підхід фундаментально змінює суть регулювання. Фокус державного контролю зміщується з формальної перевірки виконання переліку методів на фахову оцінку інженерного та економічного обґрунтування, наданого надрокористувачем.

Висновки. Чинний стандарт СОУ 2007 є технологічним бар'єром. Пропонується його заміна на гнучку, цільову систему, що базується на двох ключових елементах: диференційованих геологічних завданнях та принципі «стандарту за замовчуванням з правом на обґрунтоване відхилення».

Впровадження цієї моделі, що усуває застарілі прескриптивні вимоги, є прямим шляхом до прискорення отримання першої продукції за рахунок скорочення циклів будівництва свердловин. Суть державного контролю при цьому трансформується: від формальної перевірки інструкцій до змістовного пост-аудиту інженерних рішень надрокористувача.

Таким чином, реформа вирішує ключовий конфлікт між економічною ефективністю для бізнесу та інтересом держави у збереженні геологічної інформації. Створення такої збалансованої системи має стати результатом спільної роботи галузі та регуляторних органів.

Список використаних джерел:

1. Заворотько Ю. М. Фізичні основи геофізичних методів дослідження свердловин: підручник. – К.: 2010. – 338 с.
2. СОУ 73.1-41-04.04.20:2007. Геофізичні дослідження та роботи у нафтогазових свердловинах. Київ: Держгеолслужба України, 2007.
3. Закон України № 2805-IX "Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо удосконалення законодавства у сфері користування надрами".
4. Олійник О.В., Паюк С.О. Баланс між ефективністю та ризиками у контексті оптимізації інтервальності проведення геофізичних досліджень свердловин // Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування: Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції. – Київ: ДКЗ України, 2023. – С. 115-118.
5. Meredith J., Mantel S. Project Management: A Managerial Approach. 1985.
6. Карпенко О., Соболь В., Миронцов М., Карпенко І. Аналіз впливу геологічних чинників на глибину зони проникнення фільтрату при первинному розкритті гранулярних колекторів за даними ГДС. Вісник КНУ імені Тараса Шевченка. Сер. Геологія. – 4(91). – К.: 2020. 16 – 21.
7. Bondarenko M.S., Kulyk V.V., & Danyliv S.M. (2025). Development and implementation of «logging-while-drilling» technology in Ukraine. Geofizicheskiy Zhurnal, 47(2).

8. API Recommended Practice 54: Recommended Practice for Occupational Safety for Oil and Gas Well Drilling and Servicing Operations, 4th Edition. American Petroleum Institute, 2019.
9. Directive 080: Well Logging. Alberta Energy Regulator, May 2025.
10. Data Acquisition Guideline. Canada-Newfoundland and Labrador Offshore Petroleum Board (C-NLOPB), October 2024.
11. Guidelines for reporting of well data to authorities after completion (Blue Book). Norwegian Offshore Directorate, October 2024.
12. The Oil and Gas Authority (Offshore Petroleum) (Retention of Information and Samples) Regulations 2018. UK Statutory Instruments 2018 No. 514.
13. National Data Repository - Wikipedia, доступ отримано серпня 9, 2025, https://en.wikipedia.org/wiki/National_Data_Repository
14. Creating value from National Data Repositories - Viridien, доступ отримано серпня 9, 2025, https://www.viridiengroup.com/sites/default/files/2020-11/cggv_0000029162.pdf
15. Bratvold, R. B., Bickel, J. E., & Lohne, H. P. (2009). Value of Information in the Oil and Gas Industry: Past, Present, and Future. SPE Reservoir Evaluation & Engineering, 12(04), 630-638.
16. Worthington, P. F. (2006). Fit-for-Purpose Petrophysical Data Acquisition. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/1029-MS

УДК 553.981/982

АНАЛІЗ І МОДЕЛЮВАННЯ КОЛЕКТОРСЬКИХ ХАРАКТЕРИСТИК САРМАТСЬКИХ ВІДКЛАДІВ КРУКЕНИЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ

Трубенко О.М., *к. геол. н., доцент, geotom@nung.edu.ua,*
Федоришин Д.Д., *д. геол. н, професор, geophys@nung.edu.ua,*
Федоришин С.Д., *к. геол. н., доцент, geophys@nung.edu.ua,*
Трубенко А.О., *grf@nung.edu.ua,* ***Липчук М.В.,*** *аспірант grf@nung.edu.ua,*
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ, Україна

Проведено аналіз та проаналізовано результати дослідження колекторських властивостей порід-колекторів сарматського ярусу Крукеницької западини Передкарпатського прогину. Представлено відомості щодо параметрів колекторських властивостей продуктивних порід, отриманих на основі геолого-геофізичних та петрофізичних методів дослідження. На підставі експериментального вивчення кернового матеріалу з порід сарматського ярусу змодельовані їхні геолого-петрофізичні характеристики.

ANALYSIS AND MODELING OF COLLECTOR CHARACTERISTICS OF SARMATIAN DEPOSITS IN THE KRUKENYTSKA DEPRESSION OF THE PRE-CARPATHIAN FOREDEEP

Trubenko O., *Cand. Sci. (Geol.), Associate Professor, geotom@nung.edu.ua,*
Fedoryshyn D., *Dr. Sci. (Geol.), Professor, geophys@nung.edu.ua,*
Fedoryshyn S., *Cand. Sci. (Geol.), Associate Professor, geophys@nung.edu.ua,*
Trubenko A., *grf@nung.edu.ua,* ***Lipchuk M.,*** *postgraduate, grf@nung.edu.ua,*
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine

The results of the study of the reservoir properties of the Sarmatian stage reservoir rocks of the Krukenytsia Depression of the Precarpathian foredeep were analyzed and evaluated. Information on the parameters of the reservoir properties of productive rocks obtained on the basis of geological, geophysical, and petrophysical research methods is presented. Based on experimental studies of core material from Sarmatian stage rocks, their geological and petrophysical characteristics were modeled.

Проблеми, що виникають у процесі енергетичного забезпечення України вуглеводневими ресурсами, значною мірою зумовлені складністю й неоднозначністю інтерпретації геологічної будови земної кори, а також складом матриці продуктивних, складнопобудованих порід-колекторів у межах окремих літолого-стратиграфічних одиниць. Застосування сучасних методів обробки даних свердловинних геофізичних досліджень на поточному етапі дозволяє більш достовірно встановлювати геологічну будову розрізів та оцінювати параметри порід-колекторів.

Для визначення промислової значущості нафтогазових родовищ важливим є точне встановлення граничних значень фільтраційно-ємнісних характеристик колекторських порід на основі як експериментальних досліджень фізичних властивостей кернового матеріалу, так і результатів геофізичних вимірювань у свердловинах (ГДС). До основних петрофізичних параметрів, що визначають фільтраційно-ємнісні властивості порід, належать пористість, проникність і ступінь насичення вуглеводнями та водою. Їх фізичні характеристики формуються під впливом комплексу літологічних і стратиграфічних чинників осадонакопичення, які впливають на розвиток вторинної пористості, розподіл розмірів порового простору, а також здатність порід до акумулювання та фільтрації рідин і газів [1].

З метою вирішення зазначених завдань було проведено дослідження порід-колекторів неогенових відкладів Крукеницької западини Передкарпатського прогину в умовах, максимально наближених до пластових.

Аналіз існуючих методик визначення фільтраційно-ємнісних властивостей складнопобудованих тонкошаруватих порід-колекторів вказує на можливість їх удосконалення шляхом врахування особливостей геологічної будови та мінерального

складу продуктивних порід, застосування сучасних методик статистичної обробки фактичного матеріалу та математичного моделювання [2, 3, 4].

Більче-Волицька зона представляє собою автохтон, який утворився на опущеному краю платформи, на завершальному етапі формування Передкарпатського прогину. Міоценовий чохол Більче-Волицької зони слабо дислокований і накладений на складчасті палеозойські та рифейські товщі, які перекриваються породами юри або крейди. Структура зони, в цілому, визначається розвитком ряду регіональних розломів (Калуського, Городоцького, Судово-Вишнянського, Краковецького), які орієновані під гострим кутом до загального простягання зони, а також древнім рельєфом, що формувався в результаті процесів ерозії та розмиву в добаденський час.

Відклади бадену і сармату, які перекривають древній рельєф, утворюють над виступами і долинами структури антиклінального та синклінального характеру. У межах Більче-Волицької зони виділені Крукеницька, Косівсько-Угерська та Івано-Франківська підзони на підставі особливостей розповсюдження характерних для цієї зони баден-сарматських відкладів, характеру будови мезозойського чохла та тектонічної природи домезозойського фундаменту. Позитивні структурні форми залягання міоценових відкладів у Косівсько-Угерській підзоні пов'язані з тектонічними і ерозійними виступами в її мезозой-палеозойській основі. Основу мезозойського поверху, який з кутовою незгідністю залягає на палеозойській товщі, складають майже моноклінальні юрські та крейдяні відклади, які занурюються від платформи в бік Карпат під кутами 3-5°. Поверхня мезозою сильно еродована і представляє собою складну систему, як правило, видовжених в північно-західному напрямку ерозійних залишків, розчленованих палеоврізами.

Ерозійні виступи мезозою перекриті баденсько-сарматською товщею, в північно-західній частині Косівсько-Угерської підзони, в цих відкладах розташовані такі відомі родовища, як Більче-Волицьке, Угерське, Дашавське та інші.

Відклади нижнього сармату в основному широко розповсюджені в Крукеницькій западині Передкарпатського прогину. Нижньосарматський під'ярус неогену N_1sm_1 складається з піщано-глинистої товщі дашавської світи. Світа розділяється на 2 підсвіти: нижньодашавську (НД) більш піщанисту і верхньодашавську (ВД), яка в основному, виражена глинами з прошарками алевролітів, пісковиків і туфів. Характерною особливістю сарматських відкладів являється ритмічність побудови. Кожен ритм починається тонкими прошарками глинистих порід, які вверх по розрізу поступово збагачуються пісковиковим матеріалом і в кінці ритму майже повністю заміщуються пісковиково-алевролітистими різновидностями. Нижньосарматські поклади – пластові, склепінні, тектонічно і літологічно екрановані, які виповнені пісковиково-алевролітистими відкладами з колекторами гранулярного типу. Нижньосарматський під'ярус неогену свердловин Крукеницької западини Передкарпатського прогину представлений тільки відкладами нижньодашавської підсвіти, колектори якої в більшості, пісковики сірі, світло сірі, дрібно - і середньозернисті, слабо зцементовані, часом глинисті, товщиною від декількох сантиметрів до декількох десятків метрів.

За результатами виконаної статистичної обробки наявних геолого-геофізичних даних встановлено, що грубозерниста компонента (діаметр зерна від >1 мм до 0,5 мм) займає 23 %, середньозерниста (діаметр від 0,2 до 0,01 мм) – 30 %. Вміст глинистих частинок в цих же піщанистих породах змінюється у межах від 2 % до 38 %; карбонатність невисока: від 1,5 % до 8 %. Розподіл карбонатності і глинистості в породах підлягає логнормальному закону. Більшість взірців пісковиків має об'ємну глинистість від 10 % до 30 %. Середня величина $C_{гл}$ дорівнює 21 %. Слід зауважити, що зразки керну, де $C_{гл}\geq25$ % характеризуються низькою пористістю ($K_п<8$ %) і високим вмістом зв'язаної води ($K_{вз}\geq5$ 7 %). Карбонатний цемент найчастіше зустрічається в кількості від 11 % до 22 %, його середнє значення дорівнює 18,5 % (Рис. 1). Пісковики відносяться до алевритистих середньоглинистих літотипів з карбонатним цементом. Відкрита пористість пісковиків (заміряна у взірцях керну в атмосферних умовах) змінюється від 4 % до 31 %, в

переважній більшості розповсюджені породи з пористістю від 7 % до 18 %, менше – 16 % до 25 % і незначна частина піщаних пластів є ущільненою і характеризується пористістю $К_п \leq 7$ %. Середнє значення $К_п$ за всіма результатами експерементальних та свердловинних досліджень складає 18,0 %. Пористість сарматських порід визначається частково карбонатністю (нерозчинним залишком) та об'ємною глинистістю. Таким чином, можна стверджувати, що зниження пористості пісковиків сарматських відкладів обумовлено зростанням у складі їх матриці та в цементі карбонатного матеріалу та розсіяної глинистості. Проникність сарматських пісковиків підлягає дещо складнішому закону розподілу, ніж пористість. Величина $К_{пр}$ змінюється від $0{,}01 \cdot 10^{-3}$ мкм^2 до $80 \cdot 10^{-3}$ мкм^2. Низька проникність до $0{,}1 \cdot 10^{-3}$ мкм^2 зустрічається в 33 % випадків від загальної кількості замірів, половину займають середньо проникливі пісковики $К_{пр}$ =(0,1-5) 10^{-3} мкм^2 і 15 % складають породи з $К_{пр} > 5 \cdot 10^{-3}$ мкм^2.

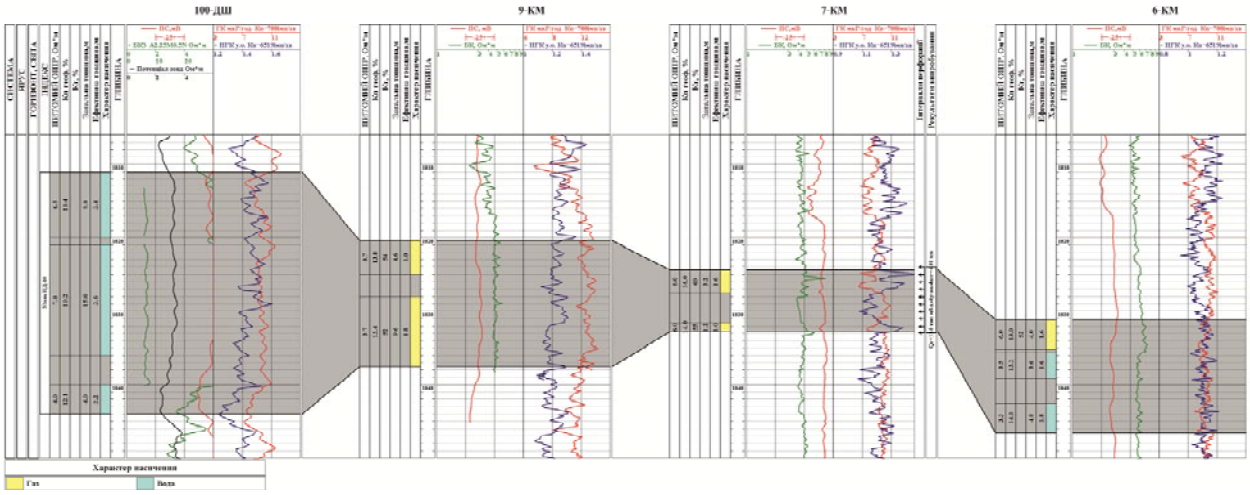


Рис. 1. Схема кореляції продуктивного горизонту НД-10 по лінії свердловин 100-Дш-9-Км-7-Км-6Км [5]

Проникливість порід, як і пористість, обумовлюється ефективним радіусом пор $R_{еф}$. Заміри $К_п$, $К_{пр}$ і $R_{еф}$ методом ртутної порометрії (дані ІФНТУНГ) показують тісний зв'язок між вище наведеними параметрами. При середньому радіусі пор більше $(0{,}2 \div 0{,}3) \cdot 10^{-6}$м порода становиться колектором, здатним пропускати рідину та газ. У цілому, за результатами вивчення керну порід-колекторів Крукеницької западини Передкарпатського прогину можна віднести до типу середньо-дрібнозернистих піщанистих у значній степені заглинизованих з середньою пористістю $К_{п.сер}$=13 % і проникність $(5 \div 10) \cdot 10^{-3}$ мкм^2.

Таким чином, на основі результатів експериментальних лабораторних досліджень та свердловинних геофізичних вимірювань встановлено особливості геологічної будови сарматських відкладів неогенової системи Крукеницької западини Передкарпатського прогину, а також визначено величини параметрів, що характеризують колекторські властивості гірських порід. Отримані підрахункові петрофізичні характеристики продуктивних сарматських пластів надають детальну інформацію про їх будову як у вертикальному, так і в площинному напрямках, що дозволяє використовувати їх у розрахунках запасів газових покладів.

Список використаних джерел:

1. Федоришин Д.Д. Теоретико-експериментальні основи петрофізичної та геофізичної діагностики тонкопрошаркових порід-колекторів нафти і газу (на прикладі Карпатської нафтогазоносної провінції) : дис. д-ра геол. наук. Львів, 1999. 289 с.

2. Нестеренко М.Ю. Петрофізичні основи обґрунтування флюїдонасичення порід-колекторів / М.Ю. Нестеренко. К.: УкрДГРІ, 2010. 224 с

3. Федоришин С. Д. Петрофізичні та геофізичні критерії виділення складнопобудованих колекторів теригенних розрізів (на прикладі нафтогазових родовищ Карпатської нафтогазоносної провінції та Дніпрово-Донецької западини) : автореф. дис. канд. геол. наук: Київ. нац. ун-т ім. Т.Шевченка. К., 2010. 22 с.
4. Федишин В.О. Низькопористі породи-колектори газу промислового значення. Київ. УкрДГРІ, 2005. 148 с.
5. Федоришин Д. Д., Трубенко О. М., Федоришин С. Д., Трубенко А. О. Федоришин Д. С. Перспективи складнопобудованих гельветських відкладів Крукенецької западини за результатами геофізичних досліджень свердловин. Нафтогазова енергетика. 2022. № 2. С. 7-15.

УДК 553.98

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗКРИТТЯ, ВИПРОБУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПРОДУКТИВНИХ ПЛАСТІВ У СВЕРДЛОВИНАХ ПЕРЕДКАРПАТТЯ

Трубенко О.М.*[1]*, *к. геол. н., доцент, geotom@nung.edu.ua,*
Чорний Е.О.*[2]*, *доктор філософії, ediachornii@gmail.com,*
Кузів І.М.*[3]*, *науковий співробітник, ivan.kuziv@gmail.com,*
Левицька Г.М.*[3]*, *с. н. с., levitska_1@ukr.net,* ***Трубенко А.О.*[1]*,*** *grf@nung.edu.ua,*
1 – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна,
2 – ГПУ «Львівгазвидобування», м. Львів, Україна,
3 – Львівське відділення Українського науково-дослідного інституту природних газів, м. Львів, Україна

У роботі проведено аналіз проблеми розкриття продуктивних горизонтів при бурінні, закінченні та експлуатації свердловин на Передкапатті. Запропонована раціональна методика розкриття пластів при бурінні та технології закріплення привибійної зони свердловини.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF DISCOVERY, TESTING, AND OPERATION OF PRODUCTIVE FORMATIONS IN WELLS IN THE PRE-CARPATHIAN REGION

Trubenko O.*[1]*, *Cand. Sci. (Geol.), geotom@nung.edu.ua,*
Chornyi E.*[2]*, *PhD, ediachornii@gmail.com,*
Kuziv I.*[3]*, *Research fellow, ivan.kuziv@gmail.com,*
Levytska G.*[3]*, *senior researcher, levitska_1@ukr.net,* ***Trubenko A*[1]*,*** *grf@nung.edu.ua,*
1 – Ivano-Frankivsk National University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine,
2 – GIM «Lvivgazvydobuvannia», Lviv, Ukraine,
3– Lviv Branch of the Ukrainian Research Institute of Gas, Lviv, Ukraine

The paper analyzes the problem of opening productive horizons during drilling, completion, and operation of wells in the Pre-Carpathian region. A rational method for opening formations during drilling and a technology for securing the wellbore zone are proposed.

Відомо, що проблема розкриття продуктивних горизонтів, закінчення та експлуатації свердловин займає провідне місце в галузі теоретичних і практичних завдань розробки продуктивних пластів. Актуальність її визначається тим, що низька якість розкриття пластів затримує введення родовищ в розробку, знижує ефективний видобуток і закачування газу, веде до буріння додаткової кількості свердловин для виведення родовищ на проектну потужність.

Підвищення ефективності розкриття, випробування та експлуатації продуктивних пластів є одним із найважливіших та найскладніших завдань, які вимагають розробки основних заходів з врахуванням трьох наукових напрямків: промислової геології, техніки і технології буріння, а також видобутку газу і газоконденсату.

Розробка раціональної методики розкриття пластів і технології закріплення привибійної зони свердловин, як правило, стосується великого кола питань і є актуальною проблемою.

У даний час багатьма дослідниками [1, 2, 3, 4] запропоновано багато рецептур бурових розчинів та інших рекомендацій з підвищення якості розкриття і закріплення продуктивних пластів, однак, промислова практика показала, що для наукового обґрунтування вибору методів запобігання забрудненню продуктивного пласта необхідна інформація про геологічну будову родовища, літологічний склад порід, їх колекторські властивості та насиченість флюїдами, фізико-хімічні властивості флюїдів, пластові тиски і температуру.

Зменшення забруднення продуктивних пластів при їх розкритті можна досягти, на думку Ю.З. Крупського і Е.О. Чорного [1, 2], завдяки вибору перфорації, а також при розкритті продуктивних пластів на рівновазі (± 2,5 МПа) і використанні спеціальних рідин

без твердої фази в зоні перфорації (водні розчини солей, полімерні сольові розчини, розчини на вуглеводневій основі).

Необхідно відзначити, що проведені багатьма авторами дослідження і запропоновані рекомендації в основному стосуються нафтоносних пластів, тоді як проблема розкриття газоносних пластів і фізична сутність явищ, які відбуваються в привибійній зоні, до кінця не вивчені. У зв'язку з цим дослідження в даному напрямку викликають особливий інтерес і займають важливе місце в системі заходів, спрямованих на підвищення ефективності розробки газових родовищ.

Причиною низької якості розкриття продуктивних відкладів на площах Передкарпаття є відсутність даних з прогнозування зон НГПТ при бурінні свердловин.

На площах Передкарпаття при розкритті порід-покришок градієнти порового тиску значно вищі градієнтів тиску стовпа бурового розчину. Для запобігання ускладнень, які виникають при розбурюванні таких порід, буровий розчин обважнювали, а продуктивні відклади, які залягають нижче, розкривали без зміни його показників, що зумовило проникнення розчину у пласт на велику глибину, особливо в інтервалах залягання тріщинуватих колекторів.

При розбурюванні цих відкладів часто виникали ускладнення (осипи, обвали порід, які складають стінки свердловини, прихвати бурової колони, газування бурового розчину). Як правило, ці ускладнення виникали у зонах перевищення гідростатичного тиску над поровим. Зони НГПТ проміжною колоною повністю не перекривались. Повсякчасне газування бурового розчину примушувало обважнювати його, через що продуктивні відклади розкривали з репресією на пласт, яка досягала 18-20 МПа. У результаті значного перепаду між тиском у свердловині і продуктивних пластах утворилась зона глибокого проникнення бурового розчину, радіус якого досягав 1 м. Низька якість розкриття продуктивних відкладів на цій площі призвела до того, що, не дивлячись на повсякчасні газопрояви, при випробуванні свердловин промислового припливу не одержано.

Таким чином, прогнозування зон НГПТ, порівняння градієнтів тиску стовпа бурового розчину і порового тиску, визначення радіуса зони проникнення бурового розчину у пласт-колектор з врахуванням його колекторських властивостей дозволяють стверджувати, що якість розкриття продуктивних відкладів на більшості свердловинах Передкарпаття є низькою. На підставі одержаних даних рекомендується у пробурених свердловинах (площа Космач-Покутський) розбурювати цементний міст та провести повторне дослідження продуктивних пластів. Для підвищення ефективності пошуково-розвідувального буріння в умовах Передкарпаття необхідно проводити геофізичні та лабораторні дослідження з метою прогнозування та виявлення зон НГПТ, враховуючи результати цих досліджень при спуску проміжної колони [2].

Погіршення продуктивності має місце на всіх етапах закінчення свердловин. Проблему максимального збереження природної продуктивності пласта у присвердловинних зонах слід вирішувати двома шляхами – удосконалюючи існуючу технологію закінчення свердловин і використовуючи спеціальні технології відновлення фільтраційних властивостей пласта у присвердловинних зонах уже пробурених свердловин. Для відновлення фільтраційних властивостей пласта колектора у присвердловинній зоні на даний час існує вибір методів і технологій, які основані на фізико-хімічних, теплових, гідромеханічних та інших видах впливу на присвердловинну зону.

Проведений аналіз промислових факторів на підвищення продуктивності свердловин газових родовищ Передкарпаття, показав:

1. У процесі розкриття продуктивних пластів існували сприятливі умови для інтенсивного проникнення у пласт фільтратів і твердої фази бурового і тампонажного розчинів, які ведуть до закупорювання присвердловинної зони колектора на значні відстані.

2. Глинисті розчини з додаванням КМЦ, які використовувались для розкриття продуктивних пластів, створили умови для значного набухання монтморилоніту, яким зцементовані пласти-колектори.

3. Наведені рекомендації щодо вибору бурових розчинів для розкриття продуктивних пластів носять якісний характер. Підбір рецептур бурових розчинів потрібно здійснювати на основі лабораторних досліджень із використанням кернового матеріалу для конкретних умов буріння.

Список використаних джерел:

1. Крупський Ю. З. Геологія і нафтогазоносність Західного регіонуУкраїни. Львів: СПОЛОМ, 2020. 254 с.

2. Чорний Е. О. Аналіз ускладнень у процесі буріння свердловин і експрес-методи прогнозування зон АВПТ у Передкарпатському прогині. *Нафтогазова галузь України*. 2019. № 1. С. 10–17.

3. Куровець С. С., Чорний Е. О. Прогнозування параметрів вуглеводневих систем газових покладів Зовнішньої зони Передкарпатського прогину *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ.* 2021. № 1(78). С. 7−16.\

4. Кондрат Р.М. Розробка та експлуатація газових і газоконденсатних родовищ: навч. посіб./Р.М. Кондрат, О.Р. Кондрат, Н.С. Дремлюх. Івано-Франківськ: Нова Зоря, 2015. 288 с.

УДК 553.981+551.24 (477.8)

ТЕРМОБАРИЧНІ ТА ЛІТОЛОГО-ПЕТРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРОДУКТИВНИХ ГОРИЗОНТІВ БОРИСЛАВСЬКО-ПОКУТСЬКОЇ ЗОНИ КАРПАТСЬКОЇ НАФТОГАЗОНОСНОЇ ПРОВІНЦІЇ

Куровець І.М., *i.kurovets@gmail.com,* ***Грицик І.І.,*** *ihor.hrytsyk56@gmail.com,*
Приходько О.А., *prykhodko.olexandr@gmail.com,*
Кучер Р.-Д.А,. *kucher24@gmail.com,* ***Кучер З.І.,*** *zokucher@gmail.com,*
Чепусенко П.С,. *p.0671geol@gmail.com,*
Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України

Досліджувалися термобаричні та літолого-петрофізичні властивості палеогенових відкладів Бориславсько-Покутської зони. Методика досліджень включала аналіз наявної геолого-петрофізичної інформації, математично-статистичну обробку даних, вивчення просторового розподілу термобаричних параметрів у покладах, дослідження впливу термобаричних умов та складнонапруженого стану розрізу на формування різних типів порід-колекторів та їхніх ємнісно-фільтраційних властивостей. Встановлено найбільш характерні значення пластових температур та тисків, притаманні вуглеводневим покладам. Спостерігається велика строкатість у значеннях термобаричних властивостей як у комплексах різних блоків, так і в межах одного блоку – зони максимального накопичення вуглеводнів характеризуються підвищеними значеннями геотермічних параметрів. В осадовому комплексі присутні колектори різних типів – від низькопористих ущільнених гранулярних до складнопобудованих порово-тріщинно-кавернозних зі значним діапазоном зміни їхніх ємнісно-фільтраційних властивостей, що зумовлено впливом седиментаційних, термобаричних та низки інших геологічних процесів, яких породи зазнали під час свого формування.

Вступ. У Карпатській нафтогазоносній провінції основні родовища нафти і конденсату розташовані в Бориславсько-Покутській зоні, де відкрито понад 40 родовищ і, не зважаючи на більш ніж 100-літню історію добутку вуглеводнів, цей регіон дотепер є перспективним на відкриття нових покладів, пов'язаних як з традиційними, так і нетрадиційними колекторами. Ефективність геологорозвідувальних робіт при пошуках та розвідці покладів вуглеводнів, вибір оптимальних технологій розкриття і їхньої розробки значною мірою залежать від наявності достовірної інформації про закономірності розподілу пластових температур і тисків, геотермічного і термобаричного коефіцієнтів, прогнозних типів порід-колекторів та їхніх петрофізичних властивостей з урахуванням особливостей літолого-стратиграфічної та тектонічної будови району. Висвітленню результатів досліджень цієї проблематики і присвячена дана робота.

Об'єкти і методи досліджень. Досліджувалися перспективні товщі палеогенових відкладів Бориславсько-Покутської зони. Методика досліджень включала аналіз наявної геолого-петрофізичної інформації про термобаричні параметри, літолого-структурні особливості та ємнісно-фільтраційні властивості відкладів, математично-статистичну обробку даних, вивчення просторового розподілу термобаричних параметрів у покладах, дослідження впливу термобаричних умов та складнонапруженого стану розрізу на формування різних типів порід-колекторів та їхніх ємнісно-фільтраційних властивостей. При цьому використані методики і результати досліджень, отримані нами раніше (1,2 3,4,5).

Результати та їх обговорення. Аналіз фактичного матеріалу з розподілу термобаричних параметрів покладів вуглеводнів у межах досліджуваної території дозволив встановити найбільш характерні значення пластових температур та тисків, притаманні вуглеводневим покладам. Термобаричне поле тут має низку особливостей, зумовлених складною геологічною будовою, блоковою і насувною тектонікою. Спостерігається велика строкатість у значеннях пластових тисків і пластових температур як у комплексах різних блоків, так і в межах одного блоку. В більшості випадків пластові тиски перевищують умовні гідростатичні. Ізольованість окремих водонапірних систем одна від одної і від денної поверхні та наявність надгідростатичних пластових тисків зумовили їх належність до елізійного типу.

За типом розподілу пластових тисків і температур з глибиною простежується декілька характерних зон. До глибини 1000–1100 м пластові тиски близькі до гідростатичних. В інтервалі глибин 1200–3800 м спостерігаються значні варіації пластових тисків. Зони з аномальними тисками чергуються із зонами нормальних гідростатичних тисків. У більшості випадків пластові тиски на 8–16 МПа перевищують гідростатичні. Надгідростатичні пластові тиски найчастіше зустрічаються на глибинах 1500, 2100–2400, 2700–3200, 3300–3600 м. Аномально низькі $P_{пл}$ відмічаються на площах Ольхівка, Спас на глибинах 3400–3600 м. На глибинах 3800–4400 м величини пластових тисків наближаються до гідростатичних. Нижче глибин 4400 м відмічаються значні їх зміни: від умовних гідростатичних до надгідростичних пластових тисків. Коефіцієнти аномальності пластових тисків на глибинах 4400–5800 м становлять 1,5–2.

Характер розподілу величин $T_{пл}$ в інтервалі глибин 100–3800 м аналогічний розподілу пластових тисків. Значні варіації пластових температур простежуються уже на глибинах 100–1000 м, що зумовлено, ймовірно, різним ступенем герметичності покладів і різними запасами вуглеводнів. Зонам підвищених температур відповідають зони з більш високими пластовими тисками.

За значенням величин пластових температур з глибиною у вертикальному розрізі виділяються:

- зона нафтових, нафтогазових та нафтогазоконденсатних покладів у інтервалі глибин до 3800 м та значеннями пластових температур до 370 К;
- зона нафтових покладів вуглеводнів в інтервалі глибин > 3800 м та значеннями пластових температур >370 К.

Розподіл покладів вуглеводнів у вертикальному розрізі за величинами пластових температур залежно від пластових тисків є такий:

- зона нафтових, нафтогазових та нафтогазоконденсатних покладів у інтервалі значень пластових тисків до 50 МПа та величинами пластових температур до 370 К;
- зона нафтових покладів вуглеводнів в інтервалі пластових тисків > 50 МПа за результатами випробувань характеризується значеннями пластових температур від 370 К до 395 К.

Враховуючи незначний діапазон зміни пластових температур у зоні розвитку нафтових родовищ (пластові тиски > 50 МПа) можемо стверджувати, що це зона активного флюїдопереносу.

Колекторами в продуктивних товщах досліджуваного регіону є в основному теригенні відклади (див. табл.). Вони представлені чергуванням проверстків аргілітів і глин з пісковиками і алевролітами, пісковиками з тонкими перешаруваннями аргілітів і глин, чергуванням прошарків аргілітів, алевролітів та пісковиків. Їхня потужність надзвичайно мінлива за розрізом і на площі та відмічається від декількох сантиметрів до десятків метрів. Термобаричні поля і геодинамічні процеси відігравали важливу роль при формуванні ємнісно-фільтраційних властивостей порід, зумовлюючи їх ущільнення і перетворення породотвірних мінералів. Катагенетичні процеси в цих породах проходили під дією температури (до $740-520^0$ К), тиску (до 200 МПа), порових та інших водяних розчинів протягом певного геологічного часу. Поряд з ущільненнями порід на глибинах спостерігається розущільнення масивів гірських порід. Під дією седиментаційних і постседиментаційних процесів, термобаричних факторів та складнонапруженого стану розрізу сформувалися різні типи колекторів: порові, тріщинні, порово-тріщинні, порово-тріщинно-кавернозні. Їхня пористість змінюється від 1 до 25 %, а проникність − від 0 до 350 мкм$^{2}\cdot10^{-3}$.

Узагальнена геолого-петрофізична характеристика продуктивних відкладів Бориславсько-Покутської зони Карпатської нафтогазоносної провінції

Систе-ма	Відділ	Світа	Літологічна характеристика	Потужність відкладів, м	Тип колектора	Пористіть, %	Проникність мкм^2*10^{-3}
Палеоген	Олігоцен	Поляницька	Основна частина світи складена ясно-сірими та жовтувато-сірими вапнистими аргілітами, які чергуються з проверстками пісковиків і алевролітів, потужністю від кількох сантиметрів до 5–6 метрів.	400–800	Тріщинно-кавернозний, поровий	1,2–11,6	0–5
		Верхньо-менілітова	В підошві залягає товща, утворена ритмічним чергуванням проверстків аргілітів з щільними алевролітами та пісковиками. Вище залягає туфітовий горизонт, складений тонким чергуванням туфів, аргілітів, пісковиків та аревролітів.	200–875	Тріщинно-поровий, поровий	5,3–12,8	0,5–28
		Середньо-менілітова	Утворена горизонтом зеленувато-сірих сланців, горизонтом чорних пісковиків та піщано-сланцевим горизонтом	120–200	Поровий, тріщинно-поровий	6–12	1–230
		Нижньо-менілітова	В основі залягає шешорський горизонт, складений коричнювато-чорними, чорними і сірими аргілітами, сірими пісковиками і алевролітами та мергелями. Над шешорським горизонтом залягає нижньороговиковий горизонт, а вище нього товща темно-сірих невапнистих аргілітів з проверстками щільнозцементованих пісковиків і алевролітів. В деяких місцях потужність пісковиків збільшується і їх можна об'єднати в окремі горизонти - клівські пісковики та піщано-сланцевий.	160–300	Поровий, тріщинно-поровий	5,8–26,4	0,1–208
	Еоцен	Бистрицька	Породи представлені в двох фаціях – чергування проверстків сірих, зелено-сірих аргілітів і глин з сірими глауконітовими пісковиками і алевролітами. Друга – вапнисті, часто піщані аргіліти з проверстками пісковиків та алевролітів.	250–340	Тріщин-ний, поровий	9–13	0–183
		Вигодська	Мінливі у фаціальному відношенні, найбільш поширеною літологічною різновидністю є пісковики. Найбільша розкрита потужність сягає 100–140 м.	200–300	Поровий, тріщинно-поровий	12,5–23	2,6–340
		Манявська	Утворена чергуванням проверстків аргілітів, алевролітів та пісковиків. Потужність проверстків пісковиків місцями досягає 5 м і більше.	120–350	Тріщинно-поровий	1,5–19,4	0,2–47
	Палео цен	Ямненська	Складена проверстками аргілітів, алевролітів та пісковиків. Потужність окремих проверстків не перевищує 25–30 см, іноді пісковиків досягає 20–60 м.	до 400	Поровий, тріщинно-поровий	2–21	0,1–264

Висновки. Аналіз фактичного матеріалу з розподілу термобаричних параметрів у межах досліджуваної території дозволив встановити найбільш характерні значення пластових температур та тисків, притаманні вуглеводневим покладам. Термобаричне поле тут має низку особливостей, зумовлених складною геологічною будовою, блоковою і насувною тектонікою. Спостерігається велика строкатість у значеннях пластових тисків і пластових температур як у комплексах різних блоків, так і в межах одного блоку, зони максимального накопичення вуглеводнів характеризуються підвищеними значеннями геотермічних параметрів, що підтверджується детальними геотермічними дослідженнями Бориславського, Долинського та Битківського нафтогазопромислових районів. Виявлені закономірності розподілу пластових температур, пластових тисків, геотермічного і термобаричного коефіцієнтів з урахуванням особливостей тектонічної будови дозволяють більш обґрунтовано вирішувати теоретичні проблеми, пов'язані з міграцією вуглеводнів, формуванням та збереженням покладів, що дасть можливість ефективніше вести пошуки нових родовищ у межах досліджуваної території.

Виконані дослідження показали, що у даному осадовому комплексі присутні колектори різних типів – від низькопористих ущільнених гранулярних до складнопобудованих порово-тріщинно-кавернозних зі значним діапазоном зміни їхніх ємнісно-фільтраційних властивостей, що зумовлено впливом седиментаційних, термобаричних та низки інших геологічних процесів, яких породи зазнали під час свого формування що необхідно враховувати при виборі методик розкриття та розробки покладів.

Список використаних джерел:

1. Термобаричні параметри продуктивних горизонтів вуглеводнів родовищ Карпатської нафтогазоносної провінції / В. Г. Осадчий, І. М. Куровець, І. І. Грицик, С. П. Мельничук // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2005. − № 1. – С. 28−35.

2. Геотермічні умовини Складчастих Карпат і Закарпатського прогину / В.Г. Осадчий, Ю. З. Крупський, І. М. Куровець, І. І. Грицик, О. А. Приходько // Наук. вісн. ІФНТУНГ. − 2008. − № 1. – С. 16−21.

3. І. Куровець, І. Грицик, О. Приходько, П. Чепусенко, З. Кучер, С. Михальчук, С. Мельничук, Ю. Лисак, Л. Петелько; Петрофізичні моделі відкладів менілітової світи олігоценового флішу Карпат і Передкарпатського прогину. – /Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України /. – Львів. Геологія і геохімія горючих копалин, № 3-4 (180). 2021.– 15 (1,2). – 250. – с. 33−43. https://doi.org/10.15407/ggcm2021.03-04.033

4. Кучер Роман-Даниїл, Сенів Оксана Інноваційний комплекс вивчення складнопобудованих порід-колекторів вуглеводнів, оснований на петрофізичних та геохімічних параметрах (на прикладі Бориславсько-Покутської зони Передкарпатського прогину) // Геологія і геохімія горючих копалин. – №1–2 (193–194). – 2024. – С. 130–140. https://doi.org/10.15407/ggcm2024.193-194.130

5. Ігор Куровець, Олександр Зубко, Ігор Грицик, Олександр Приходько, Роман-Даниїл Кучер. Особливості формування ємнісно-фільтраційних властивостей порід-колекторів Внутрішньої зони Передкарпатського прогину // Зб. матеріалів 9 Міжнародної наукової конференції "Геофізика і геодинаміка: прогнозування та моніторинг геологічного середовища» ", Львів, 10−12 жовтня 2023 р., С. 109−112.

УДК 502.62 (292.45/454)

РОЗВИТОК ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ В ЗАКАРПАТСЬКІЙ ОБЛАСТІ УКРАЇНИ У КОНТЕКСТІ СТІЙКОГО РОЗВИТКУ

Поп С.С., *д. фіз.-мат. н, професор, popstepan7@gmail.com;*
ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Ужгород, Україна

Окреслено історію і мету створення мінералогічного кабінету-музею при кафедрі фізичної географії та раціонального природокористування географічного факультету Ужгородського національного університету. Охарактеризовано фонди кабінету музею та стан і проблеми його функціювання як регіонального осередку освітньої, пізнавальної та наукової роботи, в якому зібрано колекцію мінералів та гірських порід Закарпатської області.

HYDROPOWER DEVELOPMENT IN THE TRANSCARPATHIAN REGION OF UKRAINE IN TERMS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Pop S., *Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof, popstepan7@gmail.com;*
PHEI «Uzhgorod National University», Uzhgorod, Ukraine

The state and prospects of green energy development on the territory of Transcarpathia are clarified. It is shown that as of mid-2021, solar power stations are being successfully built, small and mini- hydro power stations are being put into operation somewhat more slowly, and the development of bio-resources for the industrial production of heat and electricity has begun. There is a positive dynamics of renewable energy development, which contributes to the fulfillment of Ukraine's commitments to the world community on energy decarbonization and implementation of a locarbon strategy.

Вступ. Розвиток економіки Закарпатської області не можливий без успішної реалізації політики енергоефективності: самоенергозабезпечення та енергозбереження на основі раціонального використання власних енергетичних ресурсів. Для подальшого збалансованого еколого-економічного та соціального розвитку Закарпаття безальтернативним є освоєння відновлюваних енергетичних ресурсів (ВЕР), потенціал яких більш ніж достатній для повного енергозабезпечення потреб області. Тому **актуальним** є постійний аналіз стану розвитку «зеленої» енергетики Закарпаття, з'ясування проблем ефективного використання унікального потенціалу ВЕР та перспектив їх раціонального освоєння в контексті збалансованого соціально-, економіко-, екологічного розвитку, як задекларовано в Регіональній стратегії розвитку Закарпаття на період 2021-2027 років [1].

Дослідженнями потенціалу та освоєння гідроенергетичних ресурсів на території Західного регіону України проводили у різний час науковці багатьох академічних і вузівських наукових центрів. По Закарпатської області такі дослідження проводились О. Щербиною, А. Петровським, Ю. Башинською, В. Вовчком, О.Тесленко, О. Самченко, Ю. Ободовським, Б. Малишем, П. Васько, Б. Коперльосом та ін.[2-10]. Результати постійного моніторингу стану освоєння ВЕР Закарпаття впродовж понад 30 років, в т. ч. гідроенергетичних ресурсів виконувались автором даної праці [11-14]. В теперішні час ситуація динамічно змінюється і є актуальним її осучаснення.

Виклад основного матеріалу. Зважаючи на значну руйнацію російськими окупантами об'єктів об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) розроблено і затверджено «Національний план дій з відновлюваної енергетики до 2035-го року», яким передбачено пришвидшення диверсифікації, декарбонізації, децентралізації та безпеки ОЕС, зокрема введення в дію 24 ГВт генеруючих потужностей від ВДЕ, досягнення 27 % їх частки в загальному споживанні електроенергії [15-17]. Для цього, зокрема планується побудувати 4,7 ГВт гідроенергетики[, що потребує в усіх регіонах України створювати об'єкти гідроенергетики, а т. ч. малої гідроенергетики, а через їх просторове розподілення і наближеність до споживачів покращити стабільність енергозабезпечення та безпеку об'єктів енергетики країни загалом.

Закарпатська область має найщільнішу в Україні річкову мережу – 1,7 км/км^2 (див. рис.1). Переважають гірські річки, що є сприятливим чинником для розвитку гідроенергетики. Заначимо, що питомі запаси гідроенергії на одну особу на рік у Закарпатській області становлять 8250 кВт-год, тоді як у середньому по Україні вони є меншими в десять разів (820 кВт-год) [2]. Теоретичний валовий гідроенергетичний потенціал водотоків Закарпаття становить приблизно 60% всієї енергії поверхневого стоку (а це майже 8 км^3 на рік), що потенційно, зважаючи на переважаючу гористість території і значні ухили водотоків) могло б забезпечити виробництво 10,2 млрд кВт-год електроенергії на рік. Це становить четверту частину потенційно можливої гідроенергії річкового стоку України, яку оцінено в 42 млрд кВт-год/рік [2,13]. Технічно можливий для освоєння гідроенергетичний потенціал Закарпаття оцінено в 4,5 млрд кВт-год/рік, який також не реальний для практичного освоєння через можливий значний негативний вплив об'єктів гідроенергетики на довкілля. Потенціал, який може бути використаний для будівництва об'єктів малої гідроенергетики із відповідним обґрунтування економічних і соціальних вигод, допустимим впливом на довкілля оцінено в Атласі ВДЕ (2001 р) в 1357 млн кВт-год/рік [18], а пізніше фахівцями Інституту відновлюваної енергетики НАН України цей показник зменшено ще понад три рази – до 438 млн кВт-год/рік [19]. Однаково і це є значною величиною, яка наразі раціонально не використана.

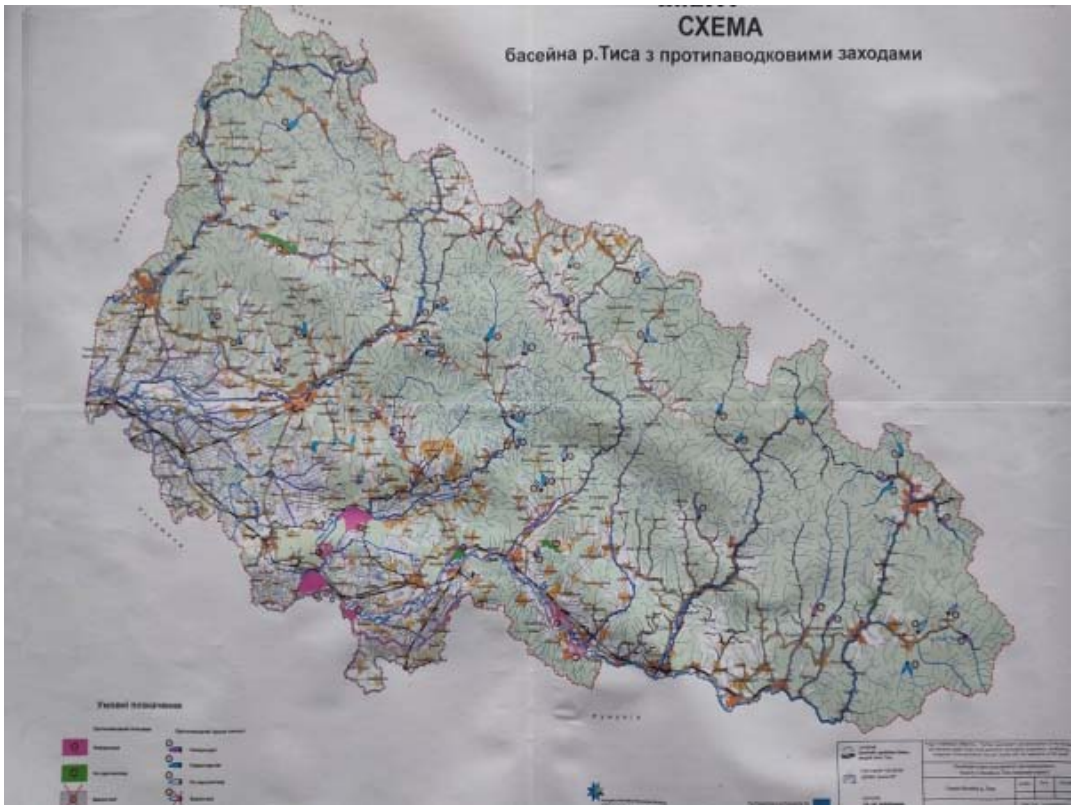


Рис. 1. Річкова мережа української частини р. Тиса [14]

Детальними дослідженнями науковців Інституту проблем екології та енергозбереження 385 ділянок потенційно придатних для спорудження ГЕС установлено, що серед 114 досліджуваних річок басейну Тиси (без урахування річки Тиси) найбільшою гідроенергетичною потужністю в Закарпатті характеризуються річки суббасейну Тересви. Їхній сумарний гідроенергетичний потенціал становить 154 МВт, що становить 14,1 % від загальної гідроенергетичної потужності річок басейну Тиси [2]. З'ясовано, що загальний потенціал на 17 водотоках становить: Тиса – 350,8 МВт, Тересва – 80,9 МВт, Теребля – 76,3 МВт, Ріка – 66,0 МВт, Латориця – 38,9 МВт, Уж – 37,8 МВт, Чорна Тиса – 35,5 МВт, Боржава – 31.1 МВт, Біла Тиса – 24,5 МВт, Брустурянка – 18,4 МВт, Косівська – 17, МВт, Середня Шопурка – 16,4 МВт, Люта – 14,3 МВт, Віча – 14,2 МВт, Мокрянка – 13,0 МВт,

Іршава – 11,7 МВт, Мала Шопурка – 11,7 МВ [2]. Із них на двох річках реально будувати ГЕС потужністю понад 10 МВт.

У теперішній час на річках Закарпаття діють тільки 13 МГЕС деривaційного типу та одна грабельна Теребле-Ріцька ГЕС на р. Теребля і р Ріка (27 МВт, водосховище на 27 млн $м^3$, діє з 1965 р.). Переважна більшість побудованих об'єктів малої гідроенергетики Закарпаття відповідає найкращим практикам італійських і австрійських партнерів, які долучилися до проектування і оснащення сучасним обладнанням окремих новозбудованих МГЕС. Так, споруджені сучасні малі ГЕС компанією «РЕНЕР» (зокрема, на річках Шипіт, Брустурянка. Мокрянка та ін.) стали об'єктами, на які за досвідом навідуються фахівці із інших міст України та сусідніх країн. Подальший розвиток гідроенергетики, гальмується через тривалий процес збалансування інтересів між регіональною владою і органами місцевого самоврядування, органами місцевого самоврядування і інвестором, органами місцевого самоврядування і громадськими активістами, інвестором і територіальними громадами та громадськими активістами. Баланс інтересів досягнути би було легше за наявності науково-обґрунтованих і затверджених стратегій розвитку територій місцевих громад та належного районного і обласного планування. З широкою громадськістю необхідноно проводити системну просвітницьку діяльність із залученням різнопрофільних фахівців (екологів, географів, економістів, енергетиків, будівельників, юристів та ін.), об'єктивно інформуючи її як про можливі негативні наслідки об'єктів нового будівництва, так і про соціальні та економічні вигоди для громади і країни. Важливо мінімізувати вплив на думку мешканців громад від фейків, які умисно поширюють «зелені активісти», створюючи несприятливий інвестиційний клімат та гальмуючи розвиток громад [23].

Загальна встановлена потужність 13 МГЕС Закарпаття наразі становить 15,6 МВт. Вони виробляють в середньому близько 100 млн кВт-год/рік, що є найбільшим показником серед регіонів України. Однак засвідчує дуже низьку ефективність освоєння наявного унікального гідропотенціалу гірських водотоків Закарпаття. В теперішній час на державному рівні напрацьовується програма прискорення освоєння економічно і екологічно обґрунтованого потенціалу гірських річок в Українських Карпатах. Цьому була присвячена 10-Міжнародна конференція гілроенергетиків, яка організована і успішно проведена у 2024 році на Закарпатті Асоціацією «Гідроенергетика України» [20]. На конференції представники західних областей України анонсували плани щодо розвитку гідроенергетики в регіоні, який має найкращий гідроенергетичний потенціал малих річок та наразі практично слабо освоєний. Відмічено, що із зазначених 28 МГЕС в «Плані розвитку генеруючих потужностей на МГЕС в період 2016-2025 роки» по Закарпатській області було споруджено тільки п'ять [21]. Переважна більшість запланованих МГЕС не була збудована частково через активізацію діяльності громадських організацій, які під гаслом «збережемо довкілля» настроюють на негативні рішення місцеві громади або через судові процеси гальмують і взагалі унеможливлюють будівництво нових об'єктів е5нергетики і не тільки. Має місце також зниження окремими забудовниками активності, зокрема і через військовий стан в країні. Однак наразі на різних стадіях освоєння знаходиться близько 20 МГЕС загальною потужністю понад 30 МВт. (див. табл. 1). Реально в ближній перспективі здійснити спорудження МГЕС ще на понад 20 МВт. Враховуючи, що уже діють МГЕС загальною потужністю 15,6 МВт та гребельна Теребле-Ріцька ГЕС потужністю 27 МВт можна планувати доягненння загальної кількості генеруючих потужностей МГЕС в середньостроковій перспективі до понад 100 МВт. Це буде складати тільки 7,4% від економічно доцільного потенціалу малих річок Закарпаття. В перспективі реально освоїти хоча б 40% економічно доцільного та екологічно обґрунтованого потенціалу та практично досягти не тільки самоенергозабезпечення потреб населення і господарства області, але й мати можливості експортування електроенергії.

Таблиця 1. Потенційні локації для спорудження МГЕС на малих річках Закарпаття

№ п/п	Місце розташування	Назва річки	Потужність, кВт
1	смт.Міжгір'я, Хустський район	Ріка	1000
2	с Запереділля, Хустський район	Ріка	1000
3	с. Бедевля, Тячівський район	Тересва	3500
4	с. Вільзівці, Тячівський район	Тересва	1000
5	с. Добрянське, Тячівський район	Тересва	1000
6	с. Дубове, Тячівський район	Тересва	1500
7	с. Калини 1, Тячівський район	Тересва	1000
8	с. Калини 2, Тячівський район	Тересва	1000
9	с.Круглє, Тячівський район	Тересва	1500
10	с. Нересниця 1, Тячівський район	Тересва	1500
11	с. Нересниця 2, Тячівський район	Тересва	1500
12	с. Брустури, Тячівський район	Турбат	1000
13	с. Брустури, Тячівський район	Бертянка	1000
14	с. Терново, Тячівський район	Тересва	1000
15	с.Боржава, Берегівський район	Боржава	1000
16	с.Пийтерфола, Берегівський район	Тиса	5000
17	с.Теково, Берегівський район	Тиса	5000
18	с.Чепа, Берегівський район	Тиса	5000
19	м.Рахів	Тиса	1000
20	м.Рахів	Чорна Тиса	500
21	с.Круглий, Рахівський район	Тиса	2000
22	с.Кваси, Рахівський район	Чорна Тиса	1000
23	с.Косівська Поляна, Рахівський район	Косівська	2500
24	с.Луги, Рахівський район	Стоговець	1000

Висновки. Закарпаття, вся територія якого є водозбором басейну української частини річки Тиса, має унікальний гідроенергетичний потенціал, значна частина якого є економічно доцільною за умови дотримання природоохоронного законодавства для освоєння шляхом будівництва нових об'єктів гідроенергетики та модернізації діючих. Прискорення спорудження об'єктів малої гідроенергетики сприятиме залученню в економіку регіону значних інвестицій, створенню умов стійкого довгострокового розвитку місцевих громад, покращенню стану водотоків (берегоукріплення, реконструкція мостів, екологізація прибережної зони тощо), а також сприятиме досягненню показників низьковуглецевої та енергетичної стратегій України.

Список використаних джерел

1. Регіональна стратегія розвитку Закарпаття на період 2021-2027 років. (Рішення сесії облради від 20.12.2020 р. №1631).
2. Мала гідроенергетика. Т.1. Аналітичний огляд.//Автори: Вовчок В., Тесленко О., Самченко О.; Редакція Єрмілов С., К: Інститут проблем екології та енергозбереження, 2018.-181 с. https://energyukraine.org/
3. Ободовський Ю.О. Гідроморфоекологічна оцінка руслових процесів та гідроенергетичного потенціалу річок Верхньої частини басейну Тиси (в межах України) //Дисертація на здобуття наукового ступеня канд. геогр. наук К: КНУ ім. Т. Шевченка. 2017. https://uacademic.info/ua/document/0417U004108
4. Башинська Ю.І. Перспективи розвитку малої відновлювальної енергетики в Західному регіоні України. Інвестиційно-інноваційні засади розвитку національної економіки в ринкових умовах. 23-24 лютого 2015, Ужгород, Україна.
5. Васько П.*Ф.* Мала гідроенергетика: світові тенденції розвитку та українські перспективи// Електропанорама, 2010. – №3.

6. Петровський А. Енергетичне самозабезпечення регіону на прикладі Закарпатської області // Зелені Карпати. – 2003. – № 1–2.- С. 60–67.: табл.

7. Малош Б.В. Мала гідроенергетика як перспективний напрямок розвитку альтернативної енергетики на регіональному рівні. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Економіка. Вип.30. Ужгород: 2010.- С. 123-130.

8. Щербина О. Гідроенергетика Західного регіону/ О. Щербина // Зелена енергетика. – 2003. – № 2(10). – С. 20–21

9. Коперльос Б.М. Відновлювана енергетика в умовах Закарпаття. Збірник наукових праць ΛΌГОΣ, 49-51. https://doi.org/10.36074/26.06.2020.v1.19

10. Екологічний стан водотоків басейну Верхньої Тиси (українсько-румунська ділянка) / за ред. С.О. Афанасьєва. Ужгород : ІВА, 2010. – 36 с.

11. Поп С.С. Природні ресурси Закарпаття. Видання третє, доповнене і змінене: Ужгород. «Карпати», 2009, 340с.; іл 32 https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/23654

12. Поп С.С., Шароді І.С., Шароді Ю.В., Ганзел А.В. Гідроенергетика Закарпаття: стан та перспективи розвитку. УГЖ, 2015, № 2, С.65-71. https://doi.org/10.15407/ugz2015.02.065 Ukr. geogr. z. 2015, N2:65-71

13. Поп С.С. Гідроенергетичний потенціал Закарпаття: стан та перспективи його раціонального використання. Науковий вісник Ужгородського ун-ту. Серія: Географія. Землеустрій. Природокористування. 2013,- С.98-111 https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/1386

14. Поп С.С., Шароді І.С. Освоєння відновлюваних енергетичних ресурсів Закарпатської області в контексті збалансованого розвитку // Укр. геогр. журн. 2022. № 2.С.36–44. [Українською мовою]. DOI: https://doi.org/10.15407/ ugz2022.03.036

15. Розпорядження КМУ «Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року "Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність" від 18 серпня 2017 р. № 605-р. http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80

16. Закон України “Про альтернативні джерела енергії” [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://zakon2.rada.gov.ua.

17. Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо встановлення "зеленого" тарифу» (Відомості Верховної Ради України, 2009, N 13, ст.155) Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/601-17#Text

18. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України / За ред. А.К. Шидловського. - Київ, 2001.

19. Інститут відновлюваної енергетики НАН України ttps://zakarpattya.net.ua/News/90392-Enerhetychnyi-potentsial-vid

20. До 10-ї Міжнародної конференції гідроенергетиків. Київ: Асоціація гідроенергетиків України, 2024. 23 с.

21. План розвитку Об’єднаної енергетичної системи України на 2016-2025 роки. Проект / ДП «НЕК «Укренерго». Режим доступу: https://de.com.ua/uploads/0/1704

22. На Закарпатті у 4,8 тисячі дворів сонячні електпростанції, а треба – вчетверо більше. Режим доступу: https://www.ukrinform.ua/rubric-regions/3879119-nacalnik-ova-na

23. Мешканці села Калини на Закарпатті протестують проти будівництва ГЕС. Режим доступу: https://ecopolitic.com.ua/ua/news/meshkanci-sela-na-zakarpatti-protestujut-proti-budivnictva-ges/

УДК 551.735.1:553.98(477.5)

ПРИРОДА ВТОРИННИХ КОЛЕКТОРІВ ГЛИБОКОЗАЛЯГАЮЧИХ ГОРИЗОНТІВ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ

Стрижак Л.І., *к. геол. н., l.litology@gmail.com,*
Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна

За допомогою прецизійних методів досліджень показано природу вторинних колекторів глибокозалягаючих горизонтів Дніпровсько-Донецької западини та встановлено причинно-наслідкові зв'язки між виявленими мінерально-епігенетичними та колекторськими властивостями теригенних порід-колекторів кам'яновугільного віку. На прикладі декількох родовищ показані епігенетичні процеси літогенезу теригенних колекторів продуктивних горизонтів які чітко поділені на ті що сприяють розвитку пустотного простору та ті, що призводять до ще більшого ущільнення порід.

ORIGIN OF SECONDARY RESERVOIRS IN DEEP HORIZONS OF THE CENTRAL PART OF THE DNIEPER-DONETS RIFT

Stryzhak L., *PhD (Geol.), l.litology@gmail.com,*
Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukrane

Using precision research methods, the origin of secondary reservoirs in the deep horizons between identified mineral-epigenetic and reservoir properties of Carboniferous terrigenous reservoir rocks have been established. Using several deposits as examples, epigenetic processes of lithogenesis of terrigenous reservoirs of productive horizons have been demonstrated, which are clearly divided into those that contribute to the development of void space and those that cause even greater rock compaction.

Одним з головним напрямком геологічної науки на сьогоднішній час є нарощування власної сировинної бази вуглеводнів і один з його шляхів – це пошук родовищ на великих глибинах. А відкриття нафтових і газових покладів в значній мірі залежить від точності наших уявлень про умови формування на цих глибинах ефективних колекторів. Тому однією з метою роботи було встановлення причинно-наслідкових зв'язків між виявленими мінерально-епігенетичними та ємнісно-фільтраційними властивостями порід-колекторів, що показані на прикладі глибокозанурених теригенних порід-колекторів нижнього карбону центральної частини Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ).

Для цього було використано наступні методи досліджень: мінералого-петрографічний, петрофізичний, каротажний, рентгено-структурний та спектральний.

Початок формування колектора закладається ще в стадію седиментогенеза, тут формуються його структурні та текстурні особливості, але на великих глибинах на ці ознаки накладаються різко виражені катагенетичні зміни, і їх інтенсивність дуже значна. Тому прогнозування таких колекторів ускладнено дією саме таких постседиментаційних процесів, які відбуваються послідовно, різновекторно і багатоетапно. Велика кількість поєднань різних ознак порід дає змогу стверджувати, що в ДДЗ немає повсюдного закономірного зниження фільтраційно-емнисних властивостей теригенних порід з глибиною.

Структурні та мінералогічні характеристики нижньокам`яновугільних теригенних відкладів глибокозанурених (більше 4500 м) горизонтів є результатом складного поєднання і послідовного накладення різного типу епігенетичних перетворень. При зануренні осадових порід на великі глибини в процесі формування осадових басейнів ростуть тиск і температура, що неодмінно впливає на породу, в першу чергу змінюється її структура. Зміну структури пісковиків діагностують за допомогою оптичного мікроскопу та електронно-мікроскопічними методами, які виражені в зміні форми, розмірів компонентів породи, а головне характеру взаємних контактів зерен між собою. Наприклад, в шліфі з інтервалу 5609-5620 м Мехедівської свердловини 1 в пісковику з інкорпораційною структурою при дуже щільній упаковці зерен, де йде вклинювання одного зерна кварцу в інше, пористість саме цього зразка сягає 10,2 %. Тобто крім фонового типу літогенезу,

де відбувається ущільнення породи, тут одночасно діє ще так званий накладений тип літогенезу, що сприяє розущільненню породи.

При дослідженні кернового матеріалу з глибоких горизонтів відмічаємо одну характерну рису майже всіх пісковиків і алевролітів- це дуже висока міцність порід, і цей показник має велике значення для формування колектора (вмістилища вуглеводнів). На стадії діагенезу та раннього катагенезу за рахунок регенерації кварцу та процесів ущільнення пісковики набувають такий міцний кварцитоподібний каркас, який в подальшому при наступній стадії літогенезу дозволяє тримати велику напругу під літостатичним тиском і зберегти цей каркас на майбутнє в наступний період літогенезу – під час для виникнення вторинної пористості.

Вся пористість в пісковиках глибоких горизонтів є новоутворена, і виникає вона переважно за рахунок процесів розчинення і вилуговування породоутворюючих мінералів або ділянок цементу з виносом матеріалу розчинення в інші зони. Новоутворені пори вилуговування мають дуже характерні форми: кутасті, кутасто-вигнуті, трикутні, неправильної форми та щілиноподібні, які пов'язані між собою мікротріщинами і тонкими звивистими каналами, що з'єднані між собою і з вторинним каолінітом. Утворення вторинних пустотних просторів тісно зв'язане з епігенетичними процесами децементації, що проходили внаслідок глибокого перетворення мінеральних компонентів цементу – гідрослюд, каолініту, карбонатних мінералів та руйнування і корозії уламків, також формування пор генетично пов'язано з процесами розчинення, метосоматозу та перекристалізації мінеральних утворень.

Окрім пористості, другою значущою складовою фільтраційно-емнисного процесу є тріщинуватість порід. В ДДЗ об'ємна щільність і густота макро- і мікротріщин відкладів з глибиною набагато збільшується, що відмічають неодноразово багато дослідників. Це має пояснення, що за рахунок процесів регенерації і розчинення зерен кварцу в зонах контакту один з одним, йде знищення пластичності і одночасно збільшення хрупкості, на цьому етапі літогенезу (діагенез, ранній катагенез) ці пісковики мають предумови до виникненню тріщин при розрядці тектонічних напружень – що приводить до виникненню тріщинної пористості в пластах пісковиків. І саме тріщини в подальшому стають головними шляхами фільтрації вуглеводнів, і утворюється тріщино-поровий тип колектора.

Тріщини в породах розділяються на відкриті, частково заповнені бітумом, і мінеральні, які частково або повністю заповнені аутигенними мінералами: карбонатними, глинистими, сульфідними та іншими. Повністю залікована пористість, природно, колектор не характеризує, однак за її даними можна судити, на якому етапі літогенезу досліджувані породи могли б бути колектором, а за мінеральним перетворенням речовини – які вторинні процеси тут відбувалися. Тобто можна прослідкувати етапність зміни порового простору для відтворення картини зміни фільтраційно-ємнісних властивостей колектору в часі.

Підвищена пористість і проникність порід відзначається в тих пісковиках і алевролітах, де завдяки катагенетичним процесам разом з тектонічним напругою в породах з інкорпораціонно-конформних зчленуванням зерен з'являються тріщини і в самих уламках, які з'єднуються і стають наскрізні. Так виникає внутрішньозернова пористість. У напрямку таких тріщин на ділянках виносу первинних мінералів (наприклад гідрослюдистого цементу) проходить їх вилуговування з утворенням пор і каверн, чим і можна частково пояснити наявність колекторів в глибокозанурених горизонтах. Одне із проявів внутрішньозернової пористості у нижньокам'яновугільних пісковиках ДДЗ – це вторинні включення у кварцових зернах, які представлені смужками Бьома. Це поширене явище є мікродеформаціями уламкових зерен, які декоровані газовими, рідше газоріднинними включеннями. Деякі дослідники називають це явище «газова» пористість і тріщинуватість, яка обумовлена безпосередньою взаємодією висхідних потоків легких газів із твердою фазою та поровими розчинами порід. А наслідком імплантації легких газів у різні породи є формування внутрішнього напруженого стану, що призводить до збільшення обсягу мінералів (кварцю) і появи різних фізико-механічних ефектів, тобто

структурних дефектів. При цьому в кристалах досліджуваних мінералів спочатку виникали ізольовані пори трикутної та ромбічної конфігурації, що ініціювали мікротріщинуватість, уздовж якої, в свою чергу, утворювалися пори. Цим можна пояснити генезис характерних для глибокозалягаючих вторинних колекторів трикутних і ромбічних пор (каверн) на перетині мікротріщин. Також на глибинах більше 4,5 км в алевро-піщаних колекторах широко розповсюджені сутуро-стилоліти як ще один вид тріщинуватості, які беруть активну роль в процесі флюїдогенезу.

В досліджуваних породах кварцитопісковиків, первинна пористість яких практично повністю знижена в результаті аутигенної цементації, крім згаданого вже окварцювання йде дуже активно процес карбонатизації, яка виражена в інтенсивному розвитку кальциту, доломіту або сидериту. Не визиває сумніву, що цей карбонат епігенетичного генезису. Він виповнює проміжки між уламками, кородує і заміщує кварц, біотит, польові шпати. Ступінь заміщення різна не тільки в різних продуктивних горизонтах, а навіть в межах одного зразка. Також карбонати виділяються по тріщинам деформованих зерен. В шліфах спостерігаємо різноманітні переходи від слабкої корозії до повного заміщення з утворенням псевдоморфоз, де первинне зерно або зовсім зникає або від нього залишаються релікти чудернацької форми. Навіть незначний вміст аутигенних карбонатних мінералів в цементі пісковиків різко знижує відкриту пористість, і це один із літологічних факторів від'ємних результатів буріння.

Важливу роль у виникненні вторинної пористості відіграє каолінізації, де під дією флюїдогенезу йде перекристалізація пелітоморфної глинистої речовини в крупнопакетний, крупнолускатий каолініт. При перетворенні він займає вже менше місця і виникає пустотний простір між зернами, і вже сам новоутворенний каолініт стає вмістилищем для вуглеводнів. Масштаб цього явища дуже значний, і це один з важливіших ознак нафтогазоносності глибокозалягаючих комплексів.

Висновки. Встановлено, що в результаті розвитку літогенезу в уламкових породах відбуваються мінеральні перетворення і зміна петрофізичних властивостей порід: щільності, пористості і проникності. Вторинні колектори характеризуються своєю полігенетичністю, оскільки при їхньому формуванні, на всьому шляху літогенезу, встановлена велика кількість різнонаправлених процесів. Вивчені вторинні процеси літогенезу теригенних колекторів продуктивних горизонтів можна чітко поділити на ті що сприяють розвитку пустотного простору (вилуговування нестійких мінералів, пелітизація, каолінізація) і на ті, що призводять до ущільнення порід (окварцювання, карбонатизація, регенерація, сульфідизація).

Список використаних джерел:

1. Очерки дегазации земли: В.М. Шестопалов, А.Е. Лукин, В. Згонник и другие; ред.: В.М. Шестопалов; НАН Украины, Науч.-инженер. центр радиогидрогеоэкол. полигон. исслед., Ин-т геол. наук. – Киев, 2018. – 631 с.

2. Коржнев П.М., Стрижак Л.І., Науменко О.Д., Гусиніна Т.В. Фаціальні особливості відкладів турнейсько-ранньовізейського часу у межах Мехедівсько-Свиридівської сідловини та суміжних територій. // Збірник наукових праць інституту геологічних наук НАН України, Том 11, 2018, С. 83–89.

3. Стрижак Л.І., Алексєєнкова М.В., Стрижак В.П. Літогенез теригенних порід та його вплив на фільтраційно-ємнісні властивості нижньокам'яноугільних колекторів центральної частини Дніпровсько-Донецької западини. // Збірник наукових праць інституту геологічних наук НАН України, Том 13, 2020, С. 80-88. https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2020.220668

УДК 553.981/982

ВПЛИВ ТЕХНІЧНИХ УМОВ КОМПЛЕКСНИХ ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В НЕОГЕНОВИХ ТОНКОШАРУВАТИХ ГЕОЛОГІЧНИХ РОЗРІЗАХ БІЛЬЧЕ-ВОЛИЦЬКОЇ ЗОНИ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ

Федоришин Д.Д., *д. геол. н, професор, geophys@nung.edu.ua,*
Трубенко О.М., *к. геол. н., доцент, geotom@nung.edu.ua,*
Федоришин С.Д., *к. геол. н., доцент, geophys@nung.edu.ua,*
Федоришин Д.С., *grf@nung.edu.ua,*
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ, Україна

У процесі пошукових та розвідувальних робіт на вуглеводні в Більче-Волицькій зоні Передкарпатського прогину виникають суттєві труднощі, пов'язані з інтерпретацією геофізичних даних. Це зумовлено складною літолого-стратиграфічною будовою розрізів, значною заглинизованістю порід, їх поліміктовим складом, а також насиченням водою. Особливо складною є оцінка результатів електричних, радіоактивних та акустичних методів дослідження, які чутливо реагують на мінералогічні та фізичні властивості порід. На достовірність геофізичних вимірювань також впливають технічні чинники, такі як товщина обсадних труб та геометрія свердловинного обладнання. Підвищена радіоактивність сарматських та гельветських відкладів зумовлена наявністю газонасичених глинистих порід з високим вмістом K^{40} та торієвих елементів. Врахування геометричного фактору розміщення апаратури та властивостей середовища, дозволяє кількісно оцінити вплив літологічних параметрів і поглинання на результати геофізичних досліджень.

THE INFLUENCE OF TECHNICAL CONDITIONS OF COMPLEX GEOPHYSICAL RESEARCH IN NEOGENIC THIN-LAYERED GEOLOGICAL SECTIONS OF THE BILCHE-VOLYTSKA ZONE OF THE PRE-CARPATHIAN DEPRESSION

Fedoryshyn D., *Doctor of Geology, Prof., geophys@nung.edu.ua,*
Trubenko O., *PhD (Geol.), Assoc. Prof., geotom@nung.edu.ua,*
Fedoryshyn S., *PhD (Geol.), Assoc. Prof., geophys@nung.edu.ua,*
Fedoryshyn D., *grf@nung.edu.ua,*
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine

During the search and exploration for hydrocarbons in the Bilche-Volytska zone of Pre-Carpathian foredeep, significant difficulties arise in interpreting geophysical data. This is due to the complex lithological and stratigraphic structure of the sections, the significant clay content of the rocks, their polymictic composition, and water saturation. It is particularly difficult to evaluate the results of electrical, radioactive, and acoustic research methods, which are sensitive to the mineralogical and physical properties of rocks. The reliability of geophysical measurements is also influenced by technical factors such as the thickness of casing pipes and the geometry of well equipment. The increased radioactivity of the Sarmatian and Helvetian deposits is due to the presence of gas-saturated clayey rocks with a high content of ^{40}K and thorium elements. Taking into account the geometric factor of equipment placement and environmental properties allows for a quantitative assessment of the influence of lithological parameters and absorption on the results of geophysical studies.

У процесі пошукових та розвідувальних робіт по виявленню вуглеводнів в Більче-Волицькій зоні Передкарпатського прогину, виникає ряд проблем, зокрема оцінки будови літолого-стратиграфічних товщ представлених значною заглинизованістю та поліміктовістю.

Основні труднощі виникають в процесі інтерпретації електричних, радіоактивних та акустичних методів. На покази вище вказаних методів, впливають не тільки мінералогічна будова порід, але і значна заглинизованість матриці продуктивних пластів, водонасиченість та поліміктовість. окрім цього на результати ГДС також впливають умови розкриття літолого стратиграфічних товщ. За рахунок вище вказаного, покази геофізичних прикладів не завжди відповідають фізичним параметрам порід-колекторів, насичених вуглеводнями. Зокрема це характерно для проведення радіоактивних та

акустичних досліджень. Необхідно відмітити також, що підвищення радіоактивності сарматських та гельветських відкладів обумовлено наявністю заглинизованих газонасичених порід радіоактивним калієм-40 ($К^{40}_{19}$), а також елементами торієвого ряду. Окрім цього, значно впливає на результати комплексних геофізичних досліджень товщина стінок обсадних труб (рис. 1) та діаметром свердловинних геофізичних приладів (рис. 2).

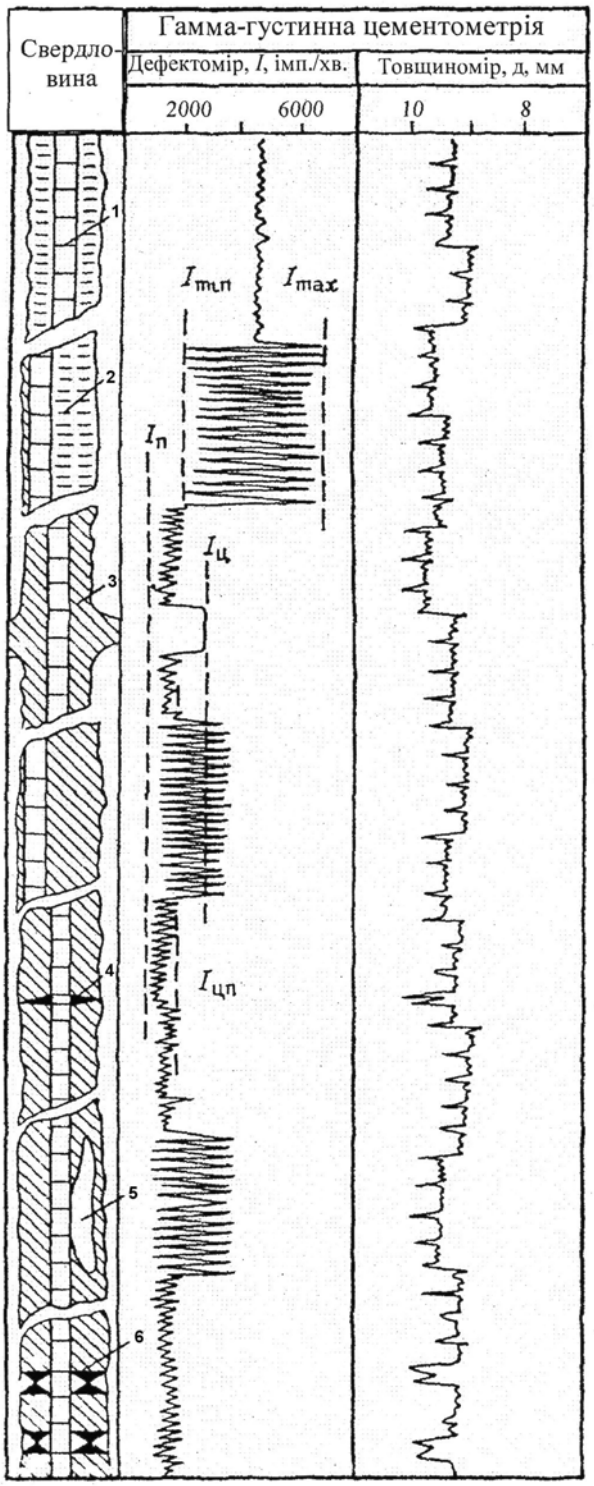
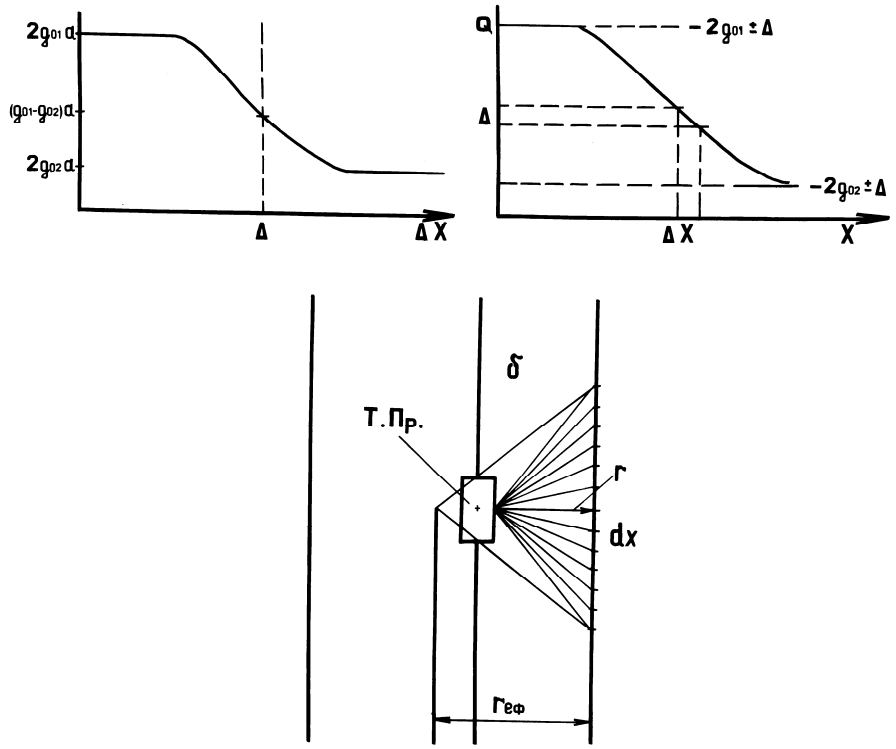


Рис. 1. Інформаційні параметри, які використовуються для оцінки якості кріплення свердловини в гамма-густинній цементометрії:

1 – муфтове з'єднання; 2 – промивна рідина; 3 – цемент; 4 – центрувальний ліхтар; 5 – пустота в цементному камені; 6 – пакер; I – інтенсивність розсіяного гамма-випромінювання; δ – товщина; індекси п, ц, цп позначають відповідно породу, цемент і цемент-породу



Умовні позначення

- **Q** - загальний сигнал, що реєструється приладом;
- g_{01}-g_{02} - відповідно сигнал, який надходить від першого і другого пласта;
- **Δ** - похибка результатів вимірювання;
- **ΔX** - похибка визначення місця знаходження пласта;
- **r** - радіус свердловини;
- **rеф** - ефективний радіус;
- **δ** - коефіцієнт поглинання сигналу буровим розчином.

Рис. 2. Визначення границі пласта враховуючи помилки інтерпретації результатів гама-спектрометрії [3]

Як видно із рис. 1, дослідження впливу геометричного фактору розміщення геофізичної апаратури з врахуванням вище вказаних факторів, дозволило кількісно врахувати вплив літології, коефіцієнта поглинання на покази геофізичних методів.

Проведені розрахунки із визначенням місця знаходження границі між пластами, а також точкового приймача в межах границь порід показали, що похибка знаходження точки реєстрації Δx залежить від сигналу першого і другого перекриваючого пласта (відповідно q_{01} і q_{02}). У цьому випадку коефіцієнт поглинання сигналу буровим розчином (b) і геометричним фактором ($r_{еф}$ і l) суттєво впливає на величину реєстраційних показів. Враховуючи вище викладене, нами запропонована формула (1):

$$\Delta X = \frac{\Delta}{(q_{01} - q_{02}) \cdot \exp\left[\frac{\sqrt{r_{еф}^2 + l^2}}{b}\right] \cdot \frac{l}{\sqrt{r_{еф}^2 + l}}} \qquad (1)$$

Таким чином, на основі вище вказаних параметрів і результуючих висновків встановлено, що на покази геофізичних методів в процесі досліджень неогенових відкладів Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину, основний вплив на покази має: діаметр свердловини, хімічний склад бурового розчину, значна кількість глинистих мінералів та поліміктовість. Окрім цього наявність в породах органічної речовини, затрудняє вирішення однозначності літолого-стратиграфічного розчленування

тонкопрошаркових неогенових відкладів. Враховуючи вище наведене, нами досліджувались впливи технологічних процесів на результати комплексних геофізичних досліджень тонкошароватих геологічних розрізів. Вплив технологічних процесів обґрунтовано у роботах [1,2], зокрема діаметр свердловини в процесі буріння, швидкість вимірів стала часу інтегруючої комірки, вплив фізичних параметрів порід, що виповнюють тонкошарові породи на результати визначення комплексом геофізичних методів із різною довжиною реєструючих зондів.

З метою розрахунку точності і достовірності отриманих фізичних параметрів складно-побудованих неогенових відкладів, нами було апробовано оцінки впливу швидкості вимірів на покази геофізичних приладів, а також масштаб запису та сталої часу інтегруючої комірки. Нами використано як прилад результатів аналогічних досліджень, представлених в роботах [1, 2]. Експериментальні роботи виконувалися за результатами апаратури нейтрон-нейтронного каротажу із довжиною зондів: l_1=0,155; l_2=0,405; а також l_1=0,255 м та l_2=0,505 м. У цьому випадку за рідинне середовище використовувалась прісна вода. Розрахунок показів реєстрації нейтронів, розраховувався за формулою 1. а саме:

$$J = \frac{N_i}{N_i^{в}} \tag{2}$$

де Ni – покази і-го значення швидкості інтенсивності реєстрації детекторами малим і великим зондом у пласті, тонкошароватого розрізу.

Ni – покази і-го значення швидкості рахунку інтенсивності нейтронів зафіксовано у бочці їх прісною водою.

Породи, які досліджувалися у експериментальній вибірці, характеризувалися мінеральним складом, у який увійшли кальцити, доломіти, глинистості, галіти, пірити, халькопірити. Коефіцієнти пористості порід, що досліджувалися складали від $К_п$ = 8 % до $К_п$ = 18 %, мінералізація пластових вод коливалася в межах від 50 г/л до 120 г/л. За результатами експериментів отримано лінійну регресію зафіксованих петрофізичних даних.

Для зондів розміром 0.155м і 0,405м кореляційний зв'язок складає 0.465 одиниць.

У цьому випадку зниження лінійного параметру, можна обґрунтувати степенем впливу на покази результатів геофізичних методів, неконтрольованих природних факторів, літолого-стратиграфічних товщ, а також технологічних особливостей технології використання геофізичних методів. Таким чином для стандартних радіоактивних геофізичних приладів при співставленні показів двох зондів (А) – малого і великого видно, що найбільший вплив свердловинних умов на покази великого зонда складає Q=0.315, а для малого - Q=0.175. Коефіцієнт кореляції незначний і рівний: R=0.103. Відповідно для підвищення інформативності показів електричних радіоактивних та акустичних методів, необхідно оптимізувати технологічний комплекс геофізичних методів, мотивуючись отриманими експериментальними параметрами колекцій керну, відібраного із інтервалів залягання продуктивних насичених вуглеводнями порід-колекторів.

Список використаних джерел:

1. Grubek I.A. Influence of Borehole Construction on The Results of Spectral Gamma-Logging-In Nuclear Techn. Geochem and Geophysics, Vienna, 1976.

2. Grubek I.A. Scaling neutron lields in well Logging. Nuel. Geophys, 1992, N4, P. 445-486.

3. Федоришин Д.Д. Теоретико-експериментальні основи петрофізичної та геофізичної діагностики тонкопрошаркових порід-колекторів нафти і газу (на прикладі Карпатської нафтогазоносної провінції) : дис. д-ра геол. наук. Львів, 1999. 289 с.

УДК 553.98

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОГНОЗУ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ ТЕКТОНІЧНО ЕКРАНОВАНИХ ПАСТОК ВУГЛЕВОДНІВ

***Харченко М.В.**, канд. геол.-мін. наук, ukraineuser@gmail.com;*
Державна комісія України по запасах корисних копалин, м. Київ, Україна

Підвищення ефективності пошуково-розвідувального буріння на пастках тектонічно екранованого типу вимагає правильної оцінки умов екранування. Просторове співвідношення проникних і непроникних порід по різні боки порушення не впливає на умови екранування і нафтогазоносніть тектонічно екранованих пасток вуглеводнів. Провідна роль в екрануванні покладів вуглеводнів тектонічно екранованого типу належить безпосередньо зонам тектонічних порушень. На основі аналізу та узагальнення фактичних матеріалів, отриманих за результатами досліджень особливостей геологічної будови і нафтогазоносності родовищ ВВ та структур, де були отримані негативні результати, визначені основні параметри тектонічних порушень, які впливають на екрануючі властивості і нафтогазоносність.

IMPROVING THE ACCURACY OF HYDROCARBON PROSPECTIVITY ASSESSMENT IN TECTONICALLY SEALED TRAPS

***Kharchenko M.,** Cand. Sci. (Geol.-Mineral.), ukraineuser@gmail.com;*
State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine

Enhancing the efficiency of exploratory drilling in tectonically screened traps requires an accurate assessment of screening conditions. The spatial relationship between permeable and impermeable rocks on either side of a fault does not influence the screening conditions and the hydrocarbon potential of tectonically screened traps. The leading role in sealing hydrocarbon accumulations within such traps belongs directly to the zones of tectonic faulting. Based on the analysis and generalization of factual data obtained from studies of the geological structure and hydrocarbon potential of productive fields, as well as from structures where drilling yielded negative results, the key parameters of tectonic faults that affect sealing capacity and hydrocarbon potential have been identified.

Основні нафтогазовидобувні регіони України (Східний і Західний) характеризуються невпинним скороченням фонду неопошукованих нафтогазоперспективних об’єктів. Фонд антиклінальних структур практично вичерпаний і до проведення геологорозвідувальних робіт (ГРР) залучаються інші типи перспективних об’єктів, чільне місце серед яких належить тектонічно екранованим пасткам. Ефективність проведення ГРР на тектонічно екранованих пастках залежить від правильної оцінки екрануючих властивостей тектонічних порушень.

Довгий час в практиці ГРР домінувала точка зору, що екрануючі властивості тектонічних порушень залежать від просторового співвідношення порід колекторів і порід покришок по обидва боки порушення [1, 2]. У випадку, коли нафтогазоперспективні породи колектори перетинаються по площині порушення з непроникними породами – наявні сприятливі умови для формування покладів ВВ. У випадку перетинання з обох боків порушення порід колекторів – умови для екранування відсутні і тектонічне порушення є неперспективним для пошуків ВВ. Проте широко застосована зазначена методика, на жаль, не змогла пояснити численні випадки на родовищах ВВ перетину по площині порушення нафтогазоносних та водоносних порід [3, 4, 5 та ін.].

Аналіз геологічної будови родовищ ВВ центральної частини Північного борту Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) дав змогу визначити особливості співвідношення в розрізі проникних і непроникних порід, із одного боку, і амплітуди тектонічних порушень, із іншого. Уздовж площини порушень амплітуда вертикального переміщення блоків є невитриманою і може змінюватися на десятки і навіть більше метрів. Наприклад, незгідний скид субширотного простягання, що розташований на північ від Васищівського родовища, має амплітуду 50–200 м [6], тобто змінюється на 150 м. У той же час у перспективних частинах розрізу непроникні глинисті прошарки (потенційні покришки) зазвичай мають незначну товщину, яка часто не перевищує 10 м.

В умовах значної мінливості амплітуди порушення вздовж його площини і незначної товщини непроникних глинистих порід ймовірність того, що на всій ділянці вздовж площини порушення породи колектори екранованого блока будуть контактувати тільки з непроникними породами є дуже незначною. Особливо нереальною є така ймовірність для дуже тонкошаруватих дашавських відкладів Більче-Волицької зони Передкарпаття.

Результати ГРР спростовують постулат про екранування перспективних порід колекторів виключно непроникними породами по інший бік тектонічного порушення. Особливо виразно це проявилося в центральній частині Північного борту ДДЗ, де тектонічно екранований тип пасток є домінуючим серед усіх типів пасток ВВ. В цій частині регіону на багатьох родовищах (Юліївське, Скворцівське, Наріжнянське та ін.) наявні численні випадки, коли поклади ВВ перетиналися з протилежного боку порушення водоносними породами. Аналогічні випадки (перетинання нафтогазонасичених порід колекторів з іншого боку порушення водоносними колекторами) спостерігаються і в багатьох інших нафтогазоносних регіонах світу – наприклад на дуже щільно розбурених і, відповідно, добре вивчених нафтових покладах продуктивної товщі Апшерону.

Отримані результати ГРР протирічать зазначеному вище постулату про екранування нафтогазоперспективних порід колекторів виключно непроникними породами на іншому боці тектонічного порушення. Це дає підстави стверджувати, що на родовищах ВВ у пастках тектонічного типу екранування покладів ВВ відбувається не за рахунок непроникних порід по інший бік порушення, а завдяки іншого механізму екранування.

Для розгляду можливостей утворення пасток ВВ тектонічно екранованого типу необхідно уточнити деякі особливості будови порушень – зокрема вирішити питання, що розділяє різні блоки порушення. Дуже часто вважається, що це двовимірна площина порушення. Проте це не так і термін «площина порушення», який часто використовують для характеристики зміщувача порушення, не зовсім вдалий, позаяк не вірно відображає будову диз'юнктивних дислокацій. Тектонічні порушення не є абстрактними площинами, а мають складну будову. Як зазначають Крістофер А. Дж. Вібберлі та ін. [7] «стає все більш очевидним, що порушення, як правило, є не абстрактними площинами, а дискретними зонами деформованих порід зі складною внутрішньою структурою та тривимірною геометрією» (переклад Харченко М. В.).

Автор поділяє точку зору тих дослідників [4, 7 8 та ін.], які розглядають зазначену частину порушень не в двовимірному вигляді, а як об'ємну модель і використовують термін «зона порушень». І саме характеристики (петрофізичні) зазначених зон порушень і будуть визначати можливість екранування покладів ВВ.

Таким чином методика прогнозу нафтогазоносності тектонічно екранованих пасток ВВ на основі співвідношення проникних і непроникних порід по обидва боки порушення базується на помилковому допущенні, що різні блоки тектонічного порушення розділяє **площина порушення**. Проте різні блоки порушення розділяють не **площина порушення**, а, як зазначено вище, **зона порушення**. І це є принциповим фактором у визначенні умов екранування тектонічно екранованих пасток ВВ.

Важливим є визначення характеристики зон порушень – її товщини та петрофізичних властивостей (ємнісно-фільтраційних).

Товщина зони порушення може змінюватися в широкому діапазоні. Наприклад, прямими спостереженнями в штольнях на родовищі Джижикрут (Таджикистан) встановлено, що товщина міжконтактної зони при незначних амплітудах переміщення може складати 2,5 – 3,0 м, а товщина глинистого прошарку («глинка тертя») 0,2 – 1,2 м [9].За даними інших досліджень [8, 10 та ін.], товщина зони дроблення та мілонітізації може досягати десятків метрів. Таким чином товщини зон порушень можуть бути співмірними з товщинами покришок над родовищами ВВ. Це свідчить про те, що зона порушень за характеристикою своєї товщини може бути екраном на шляху міграції ВВ.

Стосовно петрофізичних властивостей зон порушень необхідно зазначити наступне. Наявні численні лабораторні дослідження зон тектонічних порушень.

Експериментальними дослідженнями С. Уехара і Т. Шимамото [11] проаналізовані зразки порід, відібраних з відслонень вздовж тектонічного порушення Центральної Тектонічної Лінії (Японія). Було встановлено, що різні за складом породи характеризувались неоднаковою проникністю: від 10^{-13} м^2 до 10^{-19} м^2. Встановлено [7], шо найнижча проникність у найбільш перетертих тектонітів Центральної Тектонічної Лінії в зоні ковзання від 10^{-19} м^2 до майже 10^{-21} м^2 . Досліджуючи будову порушення Ноджіма (Японія), К. Мізогучі, Т. Хіросе та ін. [12], показали, що первинні породи (граніти) та мілоніти центральної зони характеризуються низькою проникністю (менше 10^{-20} м^2). Аналіз будови зони розлому [8] показав, що у ядрі зони порушення за рахунок інтенсивного перетирання материнських порід під час тектонічних рухів і, відповідно, наявності тонкодисперсного матеріалу проникність порід різко зменшується до 10^{-17}–10^{-21} м^2.

Таким чином, проведені експериментальні дослідження дозволяють зробити висновок, що найбільш змінена частина речовини зони розломів, особливо їх центральна частина (мілоніти або «глинка тертя»), можуть характеризуватися проникністю меншою за 10^{-19} м^2 і навіть 10^{-21} м^2.

Проникність 10^{-19} м^2 за класифікацією А. Ханіна [13] відповідає покришкам групи С (з середньою екрануючою здатністю). Проникність від 10^{-20} м^2 до 10^{-21} м^2 відповідає покришкам груп В і А (з високою і дуже високою екрануючою здатністю). Тобто є підстави стверджувати, що зони тектонічних порушень можуть характеризуватися екрануючою здатністю до дуже високої й утримувати газові поклади зі значним надлишковим тиском.

Таким чином характеристики зон тектонічних порушень (товщини та петрофізичні/ємнісно-фільтраційні властивості) дозволять ґрунтовно стверджувати, що зони тектонічних порушень за своїми властивостями можуть бути екранами для ВВ і утворювати тектонічно екрановані пастки. При цьому не має жодного значення просторове співвідношення в зоні порушення проникних і непроникних порід екранованого й екрануючого блоків (тобто наявність чи відсутність контакту проникних порід екранованого блока із породами-колекторами екрануючого блока).

На основі аналізу десятків родовищ ВВ (приурочених до пасток тектонічно екранованого типу) та десятків структур (з пастками тектонічно екранованого типу), де були отримані негативні результати, встановлено, що на формування зон тектонічних порушень з високими екрануючими властивостями позитивно впливає [4, 14] цілий ряд тектонічних факторів :

- **тип порушення** – з точки зору нафтогазоносності більш перспективними є незгідні скиди, підкиди і насуви. Згідні скиди також можуть утворювати поклади ВВ, проте перспективи даного типу порушень менше у порівнянні з вище зазначеними;

- **продуктивність/нафтогазоносність порушення** – приуроченість перспективного об’єкту до порушення, яке екранує вже відкриті родовища ВВ, є важливим позитивним фактором. Цей фактор свого часу зіграв важливу роль у відкритті, після Недільного родовища, ще Кузьмичівського та Володарського родовищ ВВ в центральній частині Північного борту Дніпровсько-Донецької западини;

- **амплітуда порушення** – амплітуда порушення позитивно впливає на екрануючу здатність зони порушення. Збільшення амплітуди переміщення окремих блоків порушення, відповідно, збільшує інтенсивність переробки речовини зони порушення;

- **тривалість розвитку порушення** – з амплітудою порушення тісно пов'язаний і вік його розвитку. Причини цього полягають в більшій тривалості процесів мілонітизації, метасоматозу тощо;

- **кут падіння порушення** – порушення, падіння яких на всій довжині близькі до вертикальних поступаються в плані нафтогазоносності перед похилими та такими, що мають не тільки вертикальні, але й похилі ділянки. На похилу частину зони порушення діє сила гравітації вище розташованого крила, створюючи додаткове ущільнення. Також в

зонах похилих ділянок порушень під час тектогенезу відбувається більш інтенсивна переробка кластичного матеріалу (у порівнянні з вертикальними порушеннями), що сприяє мілонітизації зон порушень і, відповідно, покращенню її екрануючих властивостей;

- **наявність додатних плікативних форм, що ускладнюють порушення** – додатні плікативні форми в будь-якому випадку створюють додатковий об'єм пастки ВВ, що відповідно збільшує її ресурсну базу Крім того, плікативні форми, що утворилися при розвитку порушення ще й характеризуються зонами додаткового стиснення (що є позитивним фактором на користь умов екранування), а в окремих випадках і сама така форма свідчить про значне бічне стиснення в зоні порушення;

- форма порушення в плані – серед порушень більшою продуктивністю відрізняються такі, що в плані мають дугоподібну або хвилясту форму, що обумовлене додатковим стисненням при переміщенні блоків по складній траєкторії.

Дуже важливо підкреслити, що оцінку зазначених факторів можна отримати за результатами сейсморозвідки, тобто ще до проведення буріння на нафтогазоперспективному об'єкті.

Крім тектонічних факторів на умови екранування в зоні тектонічних порушень суттєво впливають також особливості будови геологічного розрізу.

Глинистість розрізу. Основною екрануючою речовиною зони порушення є глинисті породи. Як вже було зазначено [4, 7, 11, 15 та ін.], мілоніти зони порушень утворюються в умовах тектонічних рухів навіть з найміцніших порід, в т.ч. утворень кристалічного фундаменту. Але, по-перше, для перетворення таких порід в мілоніти з достатніми екрануючими властивостями необхідна суттєва переробка первинного матеріалу при інтенсивному тектогенезі, в той час як осадові глинисті породи від початку мають необхідні екрануючі якості, по-друге, глинисті матеріали більш здатні до руйнації у порівнянні з іншими літологічними різновидами, як наслідок, збільшення вмісту глинистих порід збільшує товщину зони порушення та покращує її екрануючі властивості.

Шаруватість розрізу. При однаковому літологічному складі порід для екранування покладів суттєве значення має товщина прошарків різного літологічного складу. Чим менша товщина окремих літологічних різновидів, тим швидше вони перемішуються при тектонічних рухах, і відповідно, формується більш однорідна речовина, що заповнює зону порушення, створюючи сприятливі умови для екранування покладів ВВ. При наявності в розрізі масивних пластів-колекторів потрібні, навпаки, великоамплітудні і тривалі в часі переміщення блоків, щоб зона порушення між блоками була заповнена непроникною речовиною.

Таким чином оцінка перспектив нафтогазоносності тектонічно екранованих пасток ВВ повинна базуватися на інтегральній оцінці перелічених вище тектонічних і літологічних/петрографічних критеріїв.

Висновки:

1. Окремі блоки порушення розділяють не **площина порушення**, а **зона порушення.**

2. Екранування покладів ВВ в пастках тектонічно екранованого типу відбувається не за рахунок просторового співвідношення проникних і непроникних порід по різні боки порушення, а за рахунок **зони тектонічних порушень**.

3. Зона порушення може характеризуватися різними петрофізичними (ємнісно-фільтраційними) властивостями. Відповідно зони порушення можуть бути непроникними, утворюючи екран і, відповідно, пастку ВВ, або проникними. В останньому випадку умови для утворення пастки ВВ будуть несприятливими.

4. Сприятливими умовами для утворення пасток ВВ тектонічно екранованого типу є наступні структурні умови : незгідні скиди, підкиди та насуви; приуроченість перспективного об'єкту до порушення, яке екранує вже відкриті родовища ВВ; значна амплітуда порушення; довготривалість порушення в часі; наявність похилих ділянок в

будові порушення; наявність додатних плікативних форм, що ускладнюють порушення; дугоподібна або хвиляста в плані форма порушення.

5. Сприятливими літологічними/петрографічними факторами для утворення пасток ВВ тектонічно екранованого типу є збагачення глинистою речовиною та тонкошаруватість перспективної частини розрізу.

6. Оцінка перспектив нафтогазоносності тектонічно екранованих пасток ВВ повинна базуватися на комплексному аналізі зазначених структурних (тектонічних) і літологічних/петрографічних факторів.

Список використаних джерел:

1. Высочанский И.В. Методика выделения перспективных тектонически экранированых ловушек. Экспонат ВДНХ УССР, Киев, 1988. – 4 с.

2. Височанский І.В. Умови формування диз'юнктивно екранованих пасток вуглеводнів і методика їх пошуків // Труди УкрНІІГазу. – 2002. – С. 157-167.

3. Харченко М.В. Особливості утворення тектонічних порушень та умови екранування тектонічно екранованих пасток вуглеводнів // Нафтова і газова промисловість – 2011. - № 3. – С. 10-14.

4. Харченко М. В. Маслюк О. О. До екрануючих властивостей тектонічних порушень // Геологічний журнал. – 2015. – № 3 (352). – С. 44–50.

5. Alan P. Morris, Kevin Smart, David A. Ferrill, Nathaniel Reish, and Peter F. Cowell. Fault Compartmentalization in a Mature Clastic Reservoir: An Example from Elk Hills Field, California. Adapted from extended abstract prepared in conjunction with oral presentation at AAPG Annual Convention and Exhibition, Long Beach, California, April 22-25, 2012 AAPG©2012.

6. Гладун В.В. Підвищення ефективності пошуково-розвідувальних робіт на нафту і газ із застосуванням експрес-методів прогнозування родовищ вуглеводнів / В.В. Гладун // Нафт. і газова пром-сть. – 2006. – № 1. – С. 24–33.

7. Wibberley C. A. J., Yielding G., Toro G. Recent advances in the understanding of fault zone internal structure. a review Geological Society, London, Special Publications 2008, v. 299, p. 5-33.

8. Frédéric Cappa. Modeling fluid transfer and slip in a fault zone with heterogeneous hydromechanical properties in its internal structure/ Frédéric Cappa // Geophys. J. Int. – (2009) 178 (3): 1357-1362 doi:10.1111/j.1365-246X.2009.04291.x

9. Бондарик Т. К. Текстура и деформация глинистых пород/Т. К. Бондарик, А. М. Царева, В. В. Пономарев. – М.: «Недра», 1975. – 168 с.

10. Лунина О. В. Разломная структура и поля напряжений западной части Тункинського рифта/О. В. Лунина, А. С. Гладков//Геология и геофизика. – 2004. – Т. 45. – № 10. – С. 1235-1247.

11. Uehara S., Shimamoto T. Permeability of fault rocks from the Median Tectonic Line in Ohshika-mura, Nagano, Japan as studied by pressure-cycling tests. The Geological Society of London 2007.

12. Mizoguchi K. Internal structure and permeability of the Nojima fault, southwest Japan / Mizoguchi K., Hirose T., Shimamoto T., Fukuyama E. // Journal of Structural Geology, 30 (2008). – P. 513–524.

13. Ханин А.А. Петрофизика нефтяных и газових пластов /А.А. Ханин. – М.: Недра, 1976. – 295 с.

14. Харченко М. В., Маслюк О.О. Основні параметри тектонічних порушень та їх вплив на екрануючі властивості // Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. Матеріали п'ятої науково-практичної конференції (8–12 жовтня 2018 р., м. Трускавець). Державна служба геології та надр України, Державна комісія України по запасах корисних копалин (ДКЗ). – К.: ДКЗ, 2018. – С. 310-313

15. Харченко М. В. Тектонічні порушення як фактор контролю нафтогазоносності// Нафтогазова галузь України - 2016. - № 5. – С. 12-16.

УДК 550.832(552.1:53)

ПЕРСПЕКТИВИ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ ПІВНІЧНО СХІДНОГО СХИЛУ КРУКЕНИЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ

***Михайловський І.З.*[1]**, *аспірант, igormykhailovskyi@ukr.net, orcid.org/0009-0007-7948-4026;*
***Андрейчук М.М.*[2]**, *к. геол. н., geoburproekt@ukr.net, orcid.org/0009-0007-7440-1690;*
1 – ТзОВ «БУРПРОЕКТ», м. Львів, Україна,
2 – ПП «ГЕОБУРПРОЕКТ», м. Львів, Україна

Основна частина геологічних об'єктів, виявлених сейсмічними дослідженнями та підтверджених глибоким бурінням, на предмет нафтогазоносності вивчена, тому на порядок денний виходить потреба залучення в геолого-розвідувальний процес нових нерозвіданих, або частково вивчених на предмет нафтогазоносності ділянок, які відрізняються від задіяних в нафтогазопромисловому комплексі складною геологічною будовою та своєрідними типами вуглеводневих пасток.

PROSPECTS OF OIL AND GAS CAPACITY OF THE NORTHEASTERN SLOPE OF THE KRUKENYCHI DEPRESSION

***Mykhailovskyi I.*[1]**, *postgraduate, igormykhailovskyi@ukr.net, orcid.org/0009-0007-7948-4026;*
***Andreychuk M.*[2]**, *Cand. Sci. (Geol.), geoburproekt@ukr.net, orcid.org/0009-0007-7440-1690;*
1 – LLC «BURPROEKT», Lviv, Ukraine,
2 – PE «GEOBURPROEKT», Lviv, Ukraine

The majority of geological objects discovered by seismic surveys and confirmed by deep drilling have been studied for oil and gas potential, so the agenda is to involve new unexplored or partially studied areas for oil and gas potential in the geological exploration process, which differ from those involved in the oil and gas industry complex in their complex geological structure and unique types of hydrocarbon traps.

Вступ. Активне цілеспрямоване вивчення нафтогазоносності у Зовнішній зоні Передкарпатського прогину розпочате у 40-х роках минулого століття. На сьогоднішній день тут відомо більше 80-ти родовищ вуглеводнів, з них: три (Рудківське, Угерське, Більче-Волицьке) з запасами більше 30 млрд. м^3, 5 (Хідновицьке, Садковицьке, Залужанське, Дашавське, Летнянське) – з запасами від 10 до 30 млрд. м^3, решта згідно нормативних документів ДКЗ України відносяться до невеликих, дрібних і дуже дрібних.

Основна частина геологічних об'єктів, виявлених сейсмічними дослідженнями та підтверджених глибоким бурінням, на предмет нафтогазоносності вивчена, тому на порядок денний виходить потреба залучення в геолого-розвідувальний процес нових нерозвіданих, або частково вивчених на предмет нафтогазоносності ділянок, які відрізняються від задіяних в нафтогазопромисловому комплексі складною геологічною будовою та своєрідними типами вуглеводневих пасток. Одним з таких регіональних перспективних об'єктів є надгіпсовий верхньобаденсько-сарматський теригенний комплекс північно-східної прибортової частини Крукеницької западини, який характеризується значною літологічною мінливістю та дуже складними тектонічними умовами.

Виклад основного матеріалу. Крукеницька западина відрізняється від суміжньої Косівсько-Угерської підзони Зовнішньої зони Передкарпатського прогину, насамперед, глибинами залягання донеогенової основи, що стало основною причиною скачкоподібного зростання товщини міоценового комплексу, представленого, в основному, теригенними утвореннями баден-сарматського віку, які з кутовим і стратиграфічним неузгодженням перекривають сильно дислоковані та метаморфізовані утворення рифею. Мезозойський та палеозойський комплекси в донеогеновій основі української частини Крукеницької западини відсутні і появляються, поступово омолоджуючи останню тільки на крутому північно-східному схилі та в межах її зародження на території Польщі

Існує припущення, що западина є найглибшим елементом донеогенової ерозійної поверхні, а її крутий північно-східний схил ускладнений цілим рядом консеквентних палеоврізів, що утворились на продовженні палеорусел, зароджених в межах

гіпсометрично припіднятої Косівсько-Угерської підзони. Найбільш виражена з них Ходорівська палеодолина, глибина центрального русла якої в зоні злиття співставляється з глибиною западини [1].

На початку баденського часу створена цілісна регіональна ерозійна система піддалась доволі швидкій трансгресії з подальшим нагромадженням в основному теригенного верхньомоласового комплексу, який з кутовим і стратиграфічним неузгодженням перекриває різновікові породи донеогенової основи. Крукеницька западина на той час була достатньо віддалена від джерел зносу теригенних осадів, на що вказують фрагменти одновікових прибережно-морських та дельтових відкладів в розрізі алохтону, які зазнали значних горизонтальних переміщень. Разом з прильвеговою частиною Ходорівської долини, створеної ерозійними процесами на початку міоцену, це була найбільш занурена ділянка у структурі дна басейну осадконагромадження, до якої доходила тільки незначна частина в основному тонкозернистих осадів. Основним механізмом транспортування теригенного матеріалу були донні течії, що активізувались в найбільш заглиблених частинах палеорельєфу. Зміна активності тектонічних рухів в молодій Карпатській споруді, а заодно і вертикальні коливання базису ерозії, стали причиною нестабільності поступлення осадів у верхньобаденський басейн седиментації, яка виразилась в літологічній неоднорідності цієї частини розрізу. [2].

На початку сарматського часу зона активного осадконагромадження мігрує на північний захід Більче-Волицької зони. Теригенний осадовий матеріал, що розносився в основному донними течіями спочатку компенсував найбільш заглиблені ділянки, успадковані від донеогенового палеорельєфу, до яких відноситься Крукеницька западина з глибокими ерозійними палеоврізами, що сформувались на її північно-східному схилі, включаючи прильвегову частину Ходорівської палеодолини. В цей час нагромаджується потужна ритмічно-шарувата піщано-глинистої товща нижньосарматських горизонтів НД-16 і НД-17, загальна товщина якої в межах Крукеницької западини до 600-700 м. Вверх по північно-східному схилу западини товщина кожного з горизонтів поступово зменшується до повного вклинювання [4].

Вище залягаючий стратиграфічний горизонт сармату НД-15 поширений як в межах Крукеницької западини так і на припіднятих північно-східних терасах палеорельєфу Більче-Волицької зони. У верхній пологій смузі північно-східного схилу Крукеницької западини вони представлені двома пачками пісковиків, товщина яких зростає по мірі занурення палеорельєфу. На припіднятих палеотерасах Зовнішньої зони прогину горизонт представлений глинисто-туфогенним пластом товщиною до 30 м, що скоріш за все зумовлено недостатньою енергією водного середовища для транспортування більш крупних фракцій. На схилі Крукеницької западини, включаючи прильвегові частини успадкованих консеквентних палеорусел, простежується значне зростання товщин горизонту та піскуватості розрізу.

Короткочасне зниження активності тектонічних рухів в зоні формування Карпатської споруди, позначилась на літологічному складі реперного глинистого горизонту НД-14, товщина якого в межах припіднятих палеотерас не перевищує 30 м, і тільки в найбільш занурених ділянках, включаючи Крукеницьку западину, в розрізі появляються прошарки і пласти тонкозернистих пісковиків і алевролітів. Загальна товщина горизонту тут досягає 200 м.

Активізація висхідних рухів в межах Карпатської споруди позначилась зростанням ерозійних процесів, а в сарматському басейні седиментації підвищується активність донних течій, як основної енергії транспортування теригенного матеріалу. Нагромаджується потужна піщано-глиниста товща горизонтів НД-13 – НД-9, що у значній мірі частково пенепленізувала успадкований палеорельєф Більче-Волицької зони, в тому числі і Крукеницької западини та її північно-східного (Краковецького) схилу [1, 6].

Вище по розрізу дашавська світа нижнього сармату характеризується чітко вираженою ритмічністю. Кожен ритм починається тонкими глинистими прошарками, які

вверх по розрізу поступово збагачуються піщаним матеріалом. В основі ритмів пересічно присутні пропластки туфів і туфітів невеликої товщини. Найбільш потужні ритми згруповані у піщано-глинисті горизонти НД-8 – ВД-1, в яких за результатами електрокаротажу чітко відбивається їх покрівля, при розпливчатій підошві. Вони задовільно корелюються по площі, а в зонах малорозчленованого дна басейну седиментації справляють враження флішоїдних відкладів. Окремі горизонти завдяки достатній витриманості по площі виконують роль надійних сейсмічних реперів.

В межах прибортової частини Крукеницької западини немаловажну роль при посттседиментаційній трансформації структурних планів баден-сарматського комплексу зіграли процеси літифікації. Під дією значних геостатичних напруг проходить поступове ущільнення неконсолідованих осадів, що приводить до суттєвого зменшення їхнього об’єму. Пелітоморфний субстракт, що складає основну частину косівської світи та широко представлений в розрізі сармату на глибинах в кілька кілометрів міг зменшувати свій об’єм приблизно на 40%, а стрімке зростання загальної товщини цих відкладів в межах прибортової частини западини стало причиною нерівномірного просідання перекриваючих верств.По мірі седиментаційної компенсації від’ємних форм палеорельєфу в зонах зі значною крутизною схилів, до якої належить і північно-східна прибортова частина Крукеницької западини, в розрізі неогенового комплексу утворились каскади гравітаційних безкореневих скидів, амплітуди яких в межах північно-східного схилу Крукеницької западини перевищують сотні метрів [3, 5]. Часто вони ускладнені менш вираженими антитетичними розривними дислокаціями. Прикладом такої системи розривних порушень може бути виявлена в структурі облягання крутого схилу Крукеницької западини по простяганню ділянки Грушів – Гаї, де по відбиваючому горизонту в покрівлі продуктивного горизонту НД-16 на фоні регіонального занурення в сторону Крукеницької западини простежується три вузькі повздовжні блоки (рис. 1).

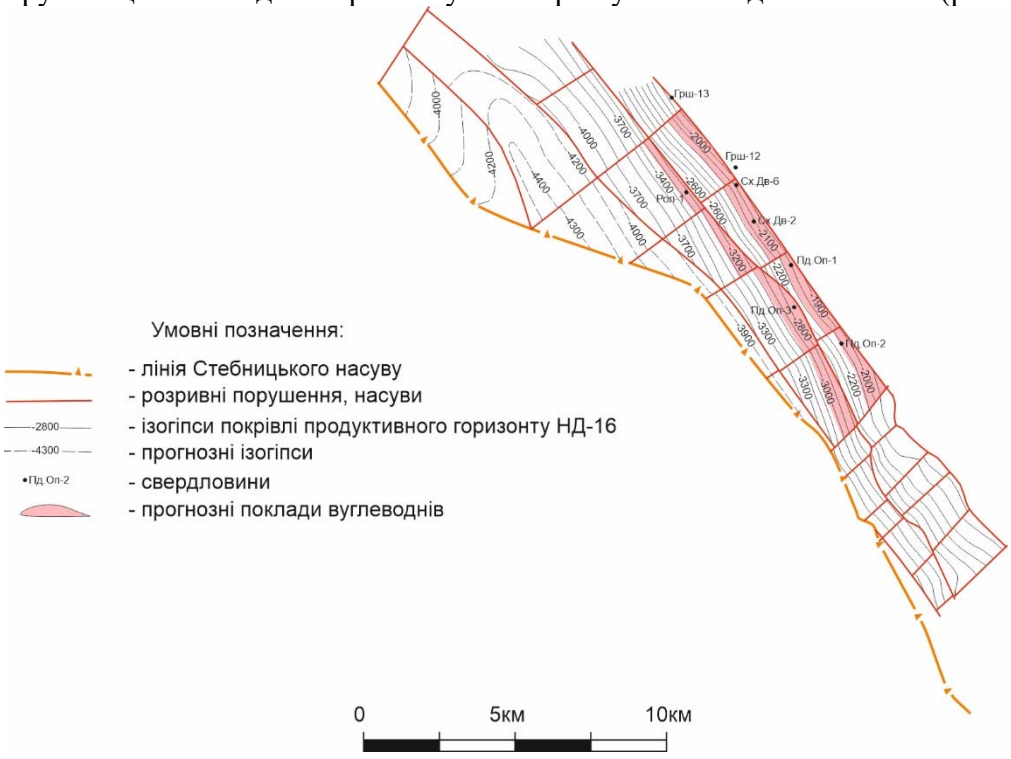


Рис. 1. Поширення гравігенних розривних порушень в структурі облягання крутого схилу Крукеницької западини на ділянці Грушів – Гаї

Південно-західніше в повздовжній смузі більш крутого занурення поверхні донеогенового розмиву потужність осадів дашавської і косівської світ стрімко зростає. Збільшуються і градієнти геостатичних напруг під дією яких проходило ущільнення

неконсолідованих осадів, що приводить до суттєвого нерівномірного просідання осадової товщі з утворенням повздовжніх ступенеподібних майже вертикальних розривних дислокацій, характерних для цієї частини Краковецького схилу. При наближенні до підошви схилу вони поступово виположуються, часто об'єднуючись в цілісну вієлоподібну систему розривних порушень.

Більш складна структура огортання ерозійної поверхні на ділянці Майничі-Сусолів, що знаходиться на південно-східному продовженні вузькогокосеквентного глибокого врізу, зародженого в припіднятій частині донеогенового палеорельєфу (рис. 2). Тут ускладнений структурними виступами стрімкий схил Крукеницької западини змінює простягання з північно-західного на наближене до субмеридіонального, що у значній мірі позначилось на мозаїці блоків гравітаційного сповзання теригенних утворень верхньомолассового комплексу. За результатами сейсмічних досліджень в поверхні горизонту НД-15 встановлені як повздовжні, паралельні до північно-східного схилу западини, так і поперечні та різнонаправлені скиди. Їхня амплітуда в більшості випадків не перевищує 100 метрів.

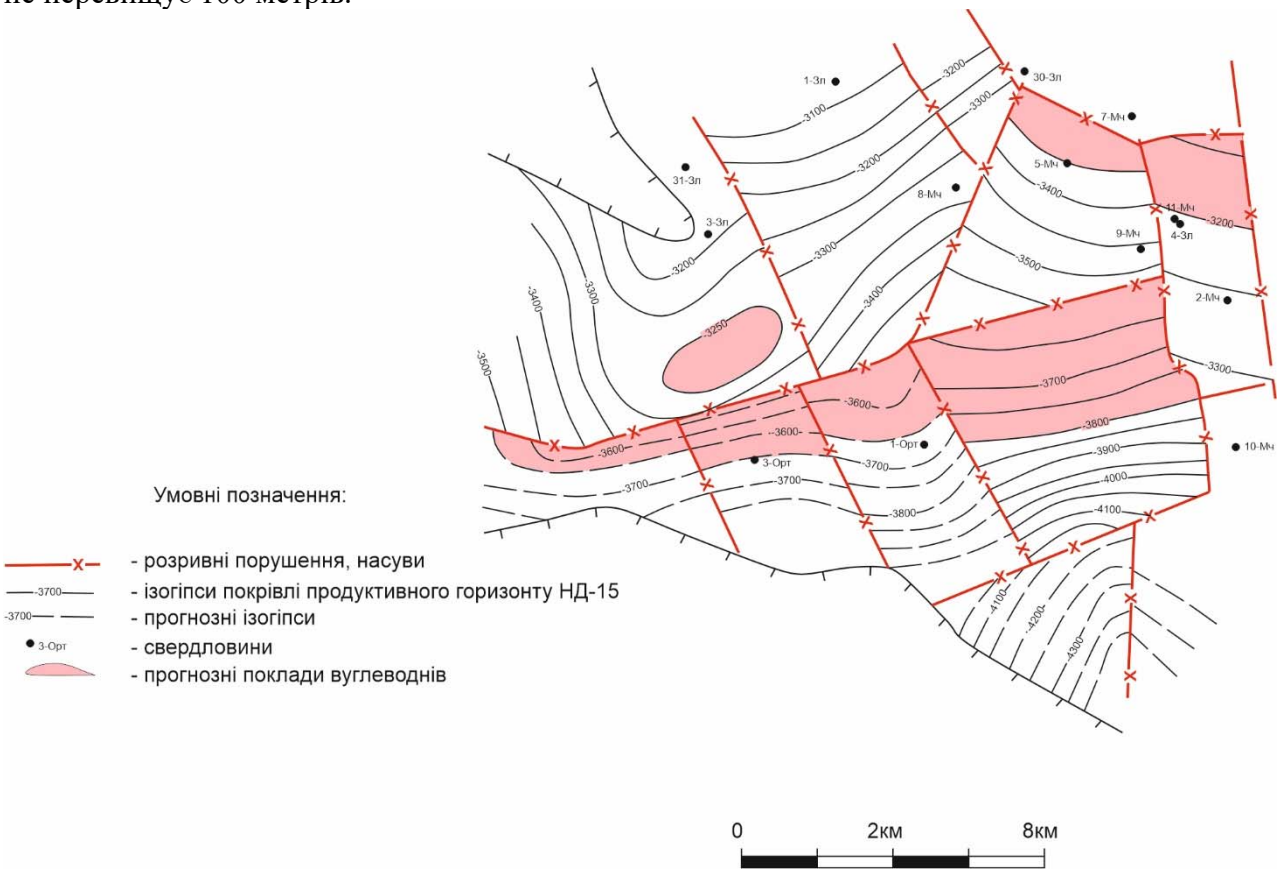


Рис. 2. Блокова будова у структурі огортання північно-східного схилу Крукеницької западини на ділянці Майничі-Сусолів (за матеріалами ЗУГРЕ)

Північно-західніше, по простяганню прибортової частини Крукеницької западини, морфоструктура верхньомолассового комплексу вивчалась сейсмічними дослідженнями і глибоким бурінням спорадично, в основному в межах відкритих газових родовищ (Новосілківського, Дубаневицького, Макунівського, Нікловицького). Тут у верхній, відносно пологій, частині Краковецького схилу встановлені повздовжні гравігенні безкореневі скидо-зсуви, підтверджені глибоким бурінням. У верхній частині вони більш круті, а в середній характеризуються незначними нахилами, що часто наближені до крутизни донеогенової ерозійної поверхні. Каскад таких порушень простягається в північно-західному напрямку на територію Польщі. Безкореневі скидо-зсуви зафіксовані у відкладах нижньодашавської підсвіти, починаючи з горизонту НД-1. Вниз по розрізу їхня амплітуда зростає, зливаючись в єдину площину гравітаційного сповзання часто по

напластуванню нижніх верств баден-сарматського комплексу. Сумарна амплітуда вертикальних зміщень в Новосілківському перетині Краковецького схилу по поверхні горизонту НД-13 досягає 400-450 м.

Складні умови осадконагромадження та постседиментаційні перетворення верхньомолассового комплексу в межах вузької прибортової смуги Крукеницької западини привели до формування тут складнопобудованих покладів вуглеводнів, серед яких домінують пластові та масивно-пластові тектонічно екрановані на моноклінялях. Роль основних тектонічних екранів виконують повздовжні гравітаційні скиди, а при сприятливому співвідношенні порід-колекторів і флюїдоупорів на суміжних блоках – поперечні скидо-зсуви.

В низах Краковецького схилу на повздовжній смузі відносно пологого занурення донеогенової ерозійної поверхні, диз'юнктивні порушення поступово затухають. Під дією тангенціальних напруг в цій частині формуються повздовжні при скидові антиклінальні плекативні структури, більшість з яких з північного сходу тектонічно обмежуються площинами затухаючих скидів. Вверх по розрізу простежується успадкованість структурних планів. В окремих відкритих родовищах з ними пов'язані пластові склепінні та пластові склепінні тектонічно екрановані поклади вуглеводнів.

Ареоли поширення псамітового матеріалу на окраїні западини в більшості випадків прив'язані до вузлів злиття доволі крутого регіонального схилу з консеквентними палеоврізами, зародженими в основі донеогенового комплексу припіднятої автохтонної частини прогину. Тут з піщаними тілами в розрізахокремих пачок порід можуть бути пов'язані літологічно обмежені та комбіновані поклади. Покращення колекторських властивостей в більшості випадків простежується на схилах з південно-східною експозицією.

Висновки. Звертає на себе увагу те, що в межах північно-східного схилу Крукеницької западина предмет газоносності частково вивчена тільки його верхня частина з глибинами до 2,5 км, а на решті території пробурені тільки окремі свердловини.Значна перспективна на вуглеводні ділянка цієї тектонічної одиниці потребує подальшого довивчення. В першу чергу – це деталізація структурних планів як донеогенової основи, так і реперних горизонтів в середині сарматського ярусу, а також вивчення закономірностей розпределення осадового матеріалу продуктивної товщі з метою прогнозування ореолів поширення порід-колекторів з кондиційними ємнісно-фільтраційними параметрами. Тонкошаруватість теригенного розрізу та складні умови залягання продуктивної товщі вимагають адаптаціїкомплексу промислово-геофізичних досліджень до умов крутого падіння порід.

Список використаних джерел:

1. Андрейчук М.М. Роль донеогенових ерозійних процесів у формуванні структурних елементів Зовнішньої Зони Передкарпатського прогину // Вісник Львівського університету, Сер. геол. – 2012. – С. 212-220.

2. Андрейчук М. Особливості геологічної будови і пастки вуглеводнів Зовнішньої зони Передкарпатського прогину: автореф. дис. канд. геол. наук 04.00.17 / Михайло Андрейчук. – Львів – 2013. 20 с.

3. Заяць Х. Глибинна будова надр Західного регіону України на основі сейсмічних досліджень і напрямки пошукових робіт на нафту та газ / Х. Заяць. – Львів: Центр Європи, 2013. 136 с

4. Крупський Ю.З. Обстановки осадко нагромадження в міоцені Зовнішньої зони Передкарпатського прогину і нафтогазоносність/ Ю.З.Крупський, М.М.Андрейчук, П.М. Чепіль // Геологічний журнал. – К., 2006. – С. 27–41.

5. Лазарук Я., Заяць Х., Побігун, І. Гравітаційний тектогенез Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину. Геологія і геохімія горючих копалин, 2013. № 1-2 (162-163). С. 5.

6. Чебан О.В. Особливості будови газових родовищ Зовнішньої зони Передкарпатського прогину і напрямки їх дорозвідки // Геология і геохімія горючих копалин. – 2000. – № 4. – С. 106-109.

УДК 553.048

АНАЛІЗ СТАНУ ПОПЕРЕДНЬО РОЗВІДАНИХ ЗАПАСІВ ГАЗУ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЇХ ЗАЛУЧЕННЯ ДО РОЗРОБКИ ТА ДОРОЗВІДКИ

Міщенко Л.О.[1], *l.mish@dkz.gov.ua,*
Абєлєнцев В.М.[2], *к. геол. н., vvd190405@gmail.com,*
1 – Державна комісія України по запасах корисних копалин, Київ, Україна,
2 - Харків, Україна

По родовищах Східного та Західного нафтогазоносних регіонів розглянуто стан попередньо розвіданих запасів вуглеводнів, зокрема газу природнього, вільного; проведено класифікацію запасів на чотири групи: частково дреновані, потенційно-перспективні, проблемні та ті, що потребують підтвердження, а також запропоновані заходи з метою прискорення їх залучення до розробки та дорозвідки.

ANALYSIS OF THE STATUS OF PREVIOUSLY EXPLORED GAS RESERVES AND RECOMMENDATIONS FOR THEIR INVOLVEMENT IN DEVELOPMENT AND EXPLORATION

Mischenko L.[1], *l.mish@dkz.gov.ua,*
Abelentsev V.[2], *Cand. Sci. (Geol.), vvd190405@gmail.com,*
1 – State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine,
2 – Kharkiv, Ukraine

The state of previously explored hydrocarbon reserves, in particular natural gas, free, was reviewed for the fields of the Eastern and Western oil and gas regions; the reserves were classified into four groups: partially drained, potentially promising, problematic, and those requiring confirmation, and measures were proposed to accelerate their involvement in development and additional exploration.

Вступ. Попередньо розвідані запаси вуглеводнів (ВВ) за геологічним вивченням – це запаси корисних копалин, кількість, якість, технологічні властивості, гірничо-геологічні, гідрогеологічні та інші умови залягання яких вивчені з повнотою, достатньою для визначення промислового значення родовища (покладу). До попередньо розвіданих віднесені запаси ВВ за категорією C_2, які поділяються на балансові (код класу 122), позабалансові (код класу 222) та з невизначеним промисловим значенням (код класу 332). Попередньо розвідані запаси ВВ є основою для обґрунтування проведення дослідно-промислової розробки покладу (код класу 122) та визначення доцільності подальшої розвідки (код класу 332). Саме ці два класи запасів є предметом нашого аналізу.

Державним балансом корисних копалин України обліковано понад 1 трлн 60 млрд м^3 газу вільного та газової шапки (табл. 1). З них попередньо розвіданих – понад 483 млрд м^3 (що становить майже 46 % від загальних запасів), як з визначеним промисловим значенням за кодами класів 122+222 (майже 225 млрд м^3), так і з невизначеним промисловим значенням за кодом класу 332 (понад 258 млрд м^3).

Окремо по регіонах України розподіл попередньо розвіданих запасів виглядає наступним чином:

- Східний регіон: з визначеним промисловим значенням – понад 113 млрд м^3, з невизначеним промисловим значенням – понад 186 млрд м^3;
- Західний регіон: з визначеним промисловим значенням – до 49 млрд м^3, з невизначеним промисловим значенням – до 48 млрд м^3;
- Південний регіон: з визначеним промисловим значенням – до 62 млрд м^3, з невизначеним промисловим значенням – понад 24 млрд м^3.

Актуальність. Основна частина попередньо розвіданих запасів газу вільного з року в рік продовжує залишатися облікованими за категорією C_2, тобто тривалий час не залучені у розробку та дорозвідку. Це великий резерв для нафтогазовій галузі, якщо ще враховувати, що річний приріст не покриває річний видобуток газу.

Таблиця 1. Запаси газу, обліковані у Державному балансі корисних копалин України станом на 01.01.2024 р.

Категорія	Запаси газу, млн м^3					
	балансові			позабалансові		з невизначеним промисловим значенням
	достовірні	вірогідні				
	111	121	122	221	222	332
A+B	3385			1315		
C_1	297555	151693		123006		
C_2			185792		39123	258277

Метою даної роботи є проведення аналізу, стану та структури об'ємів поточних запасів вільного газу на родовищах Східного та Західного нафтогазоносних регіонів для встановлення об'ємів газу, які практично не задіяні у виробництві, а саме:

- попередньо розвіданих, вірогідних за категорією C_2 (код класу 122), але таких, що не залученні у розробку;

- із невизначеним промисловим значенням за категорією C_2 (код класу 332), але таких, що не перебувають у дорозвідці.

Визначити заходи для прискорення залучення цих запасів до розробки та дорозвідки.

Виклад основного матеріалу. Авторами опрацьовано понад 60 основних родовищ Східного та Західного регіонів із запасами газу коду класу 122 понад 45 млрд м^3 та запасами газу коду класу 332 – до 88 млрд м^3. Використано: Державний баланс корисних копалин України (газ), протоколи ДКЗ, матеріали геолого-економічної оцінки, техніко-економічного обґрунтування родовищ. Надрокористувачам рекомендується під час аналізу попередньо розвіданих запасів також враховувати місячні рапорти, проєкти дослідно-промислової та промислової розробки родовищ (покладів), проєкти розвідки (дорозвідки) та ін.

Алгоритм аналізу стану попередньо розвіданих запасів газу кодів класів 122 та 332 наведено на рис. 1.

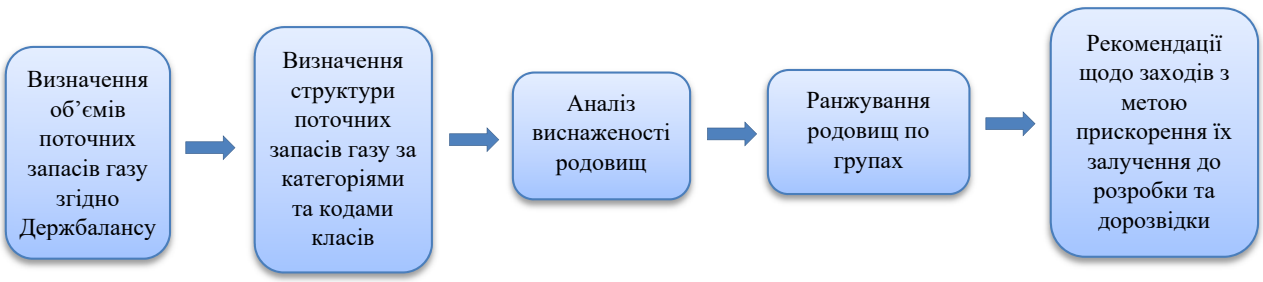


Рис. 1. Алгоритм аналізу стану попередньо розвіданих запасів газу кодів класів 122 та 332

За результатами аналізу стану поточних запасів, видобутку, виснаженості родовищ, темпів відбору поточних запасів, стану фонду свердловин та іншої наявної інформації, попередньо розвідані запаси газу кодів класів 122 та 332 були віднесені до чотирьох груп: частково дреновані, потенційно-перспективні, проблемні та ті, що потребують підтвердження розробкою та розвідкою. Кожна група характеризується певним рівнем залучення попередньо розвіданих запасів газу у виробництво і, відповідно, потребує різних проєктних рішень. Підкреслимо, що заходи, які пропонуються, мають скоріше узагальнюючий характер, бо конкретна ситуація на рівні родовище–поклад–свердловина відома лише надрокористувачам.

Частково дреновані попередньо розвідані запаси газу – розробка цих запасів підтверджується геологічною моделлю та даними розробки покладу (або його частини), за даними вимірів Рпл встановлено факт його зниження у покладі.

Із заходів, що реалізуються для залучення у видобування (розробку та дорозвідку) поточних запасів газу даної групи, пропонується:

- за наявною геолого-промисловою моделлю родовища встановити поровий об'єм покладу, який перебуває у розробці (дренується);

- за результатами геолого-економічної оцінки перевести дреновані запаси газу у більш високі категорії:

C_2 (122) → C_1 (121) або C_1 (111),

C_2 (332) → C_2 (122) або C_1 (121);

- з'ясувати причини низьких темпів видобутку запасів газу категорії C_2 (код класу122), наприклад – недостатня кількість експлуатаційних свердловин, низькі дебіти та ФЄВ колекторів, поверхневі умови та ін.

Потенційно-перспективні попередньо розвідані запаси газу – за існуючою геологічною моделлю та даними розробки наявність запасів газу категорії C_2 (код класу 122) та категорії C_2 (код класу332) підтверджено, але їх об'єми у розробку та дорозвідку не залучені. Запаси даної групи мають ймовірність як найближчої перспективи (протягом перших років) залучення у виробництво, так і віддалену перспективу (понад 5 років) залучення.

Проблемні попередньо розвідані запаси газу – за геологічною та промисловою моделями запаси газу категорії C_2 (код класу 122) та категорії C_2 (код класу 332) підтверджено, але їх об'єми у виробництві (розробка, дорозвідка) не задіяні тривалий час.

Проведено аналіз щодо можливих причини наявності потенційно-перспективної та проблемної груп запасів і, відповідно, пропонуються заходи для залучення даних запасів у виробництво.

Геологічні – особливості розташування запасів газу по площі та розрізу родовища (площі) такі, що на одну проєктну свердловину припадає незначний об'єм газу і її буріння є економічно недоцільними.

Для залучення даних запасів пропонується:

- переглянути геологічну модель об'єкту з метою визначення зон співпадіння по розрізу декількох покладів газу (має значення сумарний об'єм запасів газу);

- розглянути варіанти відновлення ліквідованих свердловин, буріння похило-спрямованих, або навіть горизонтальних свердловин та оцінити економічну доцільність буріння (це основний фактор).

Промислові – це особливості розробки родовища, внаслідок яких ускладняється (або унеможливлюється) введення у розробку покладів із запасами вуглеводнів категорії C_2 (код класу122), це може бути і повернення на нижчезалягаючі горизонти; несумісність у значеннях Рпл; обводнення покладів; технічний стан свердловин та ін.

Для залучення даних запасів пропонується:

- переглянути геолого-промислової моделі родовища та його проєкт розробки з метою визначення економічної доцільності проведення комплексу робіт по залученню у розробку запасів газу категорії C_2 (код класу 122);

- проведення робіт по водоізоляції у свердловинах та КРС;

- розглянути варіанти буріння проєктних свердловин дублерів.

Поверхневі умови, наявність/відсутність інфраструктури (населені пункти, заповідник, природний ландшафт, шлейфи, УКПГ тощо).

Пропонується буріння похило-спрямованих свердловин, оцінка економічної доцільності на облаштування.

Особливості колекторських властивостей відкладів покладу (ущільнені з низькими ФЄВ, тріщинуваті, низькі пластові тиски та ін.).

Для залучення запасів у даних покладах пропонується застосування «новітніх технологій» освоєння складних пластів-колекторів.

Межі спеціальних дозволів – значна кількість родовищ має частини площ які розташовані за межами спеціальних дозволів, що ускладнює розробку, облік та дорозвідку запасів ВВ.

Як заходи для залучення відповідних запасів ВВ пропонується розширення меж (придбання) спеціальних дозволів чи кооперація із видобувними структурами та ін.

Таким чином, ефективність введення у виробництво (розробку, дорозвідку) запасів газу за категоріями C_2 (код класу 122) та C_2 (код класу 332) потенційно-перспективної та проблемної груп обумовлено економічною складовою, а саме співвідношенням потенційних об'ємів газу, що можливо видобути, та витратами на реалізацію певних обсягів робіт з урахуванням геолого-технічних ризиків на всі процеси.

Потребують підтвердження попередньо розвідані запаси газу – запаси, об'єми яких повністю або частково не підтвердилися за результатами розробки та дорозвідки родовища.

За даними розробки частково не підтверджуються переважно запаси газу категорії C_2 (код класу 122).

Пропонується проаналізувати вихідні дані, отримані у процесі проведення ДПЕ, ДПР – динаміка дебітів, тисків (пластовий, вибійних, робочих та ін.) з метою визначення причин непідтвердження запасів.

За даними дорозвідки не підтверджуються запаси газу категорії C_2 (код класу 332), рідше категорії C_2 (код класу 122).

Пропонується перегляд геофізичних параметрів по сусідніх свердловинах (площах) з метою коригування функціональних залежностей при інтерпретації характеру насичення пластів-колекторів та, відповідно, коригування моделі покладу ВВ.

У випадку непідтвердження запасів ВВ як за результатами розробки, так і дорозвідки, геологічна та промислова моделі покладу (родовища) потребують перегляду.

На рис. 2, 3 наведені результати проведеного аналізу по Східному та Західному регіонах. Попередньо розвідані запаси газу кодів класу 122 та 332 диференційовані по групам, які характеризуються певним рівнем залучення їх у розробку та дорозвідку, тобто відображають структуру цих запасів у відсотках до їх загальної кількості станом на 2024 р.

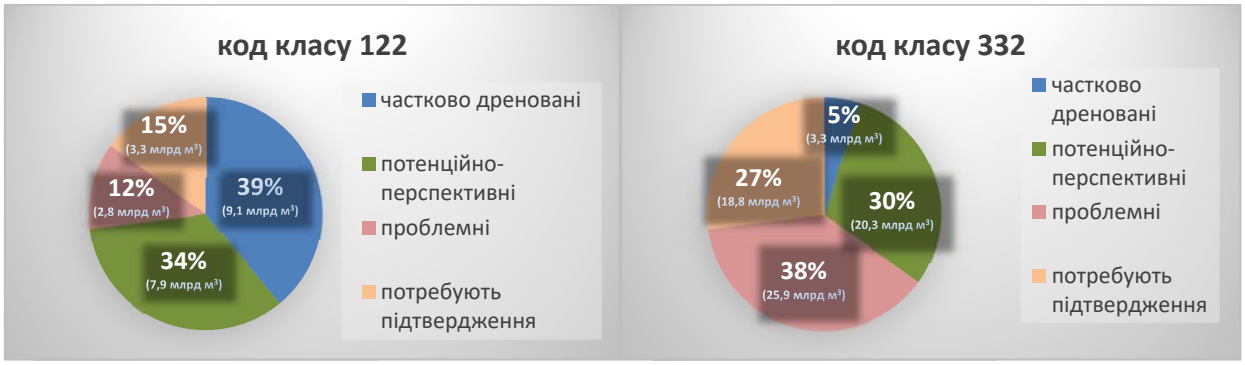


Рис. 2. Стан запасів газу кодів класів 122 та 332 Східного регіону

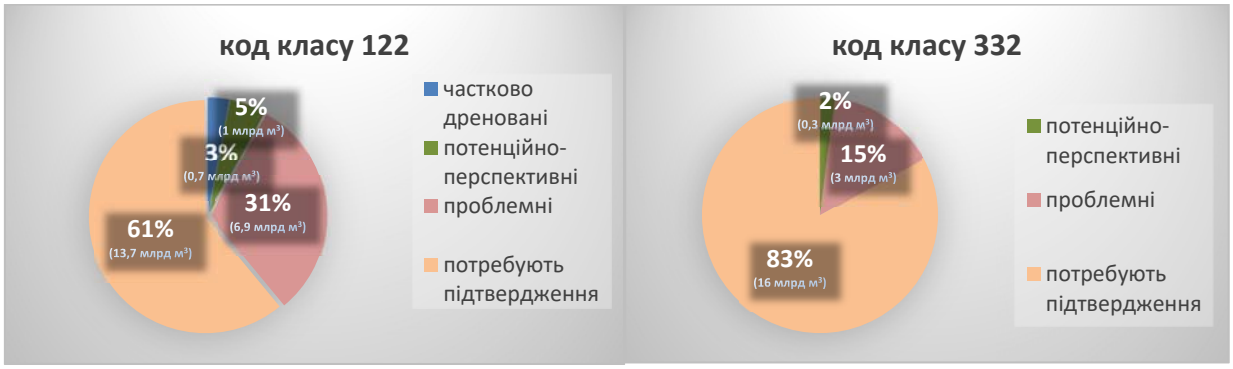


Рис. 3. Стан запасів газу кодів класів 122 та 332 Західного регіону

Стисло прокоментуємо отримані результати. На родовищах Східного регіону стан попередньо розвіданих запасів газу можливо охарактеризувати як задовільний. Значний об'єм запасів газу (39%) коду класу 122 перебуває у дослідно-промисловій розробці, або вже задренований сусідніми експлуатаційними свердловинами. Група потенційно-перспективних запасів газу коду класу 122, тобто тих, що можливо залучити до розробки у найближчі роки, теж висока і складає 34%. Однак, по запасах коду класу 332 встановлено високий відсоток групи проблемних (38%) та запасів, що потребують підтвердження (27%). Тобто, поклади із запасами газу з невизначеним промисловим значенням цих двох груп тривалий час не розвідуються, відповідно, є необхідність в уточненні геологічних моделей та переоцінки запасів.

По родовищах Західного регіону стан попередньо розвіданих запасів газу кодів класу 122 та 332 можливо охарактеризувати як такі, що потребують більш ретельного аналізу. Так, за нашими оцінками, частково дренується не більше 3% запасів коду класу 122. Відсоток групи запасів, що потребують підтвердження, складає 61% (код класу 122) та 83% (код класу 332). Тобто, геологічні моделі ряду родовищ потребують перегляду та переоцінки запасів. По Західному регіону рекомендуємо надрокористувачам провести власний аудит стану попередньо розвіданих запасів газу кодів класу 122 та 332.

Висновки. У статті акцентовано увагу фахівців нафтогазової галузі на стан попередньо розвіданих запасів газу вільного. Основна частина цих запасів з року в рік продовжує залишатися облікованими за категорією C_2, тобто тривалий час не залучені у розробку та дорозвідку. Запропоновано алгоритм проведення аналізу стану попередньо розвіданих запасів газу. Виділено родовища із запасами частково дренованими, потенційно-перспективними, проблемними та тими, що потребують підтвердження. Для кожної групи родовищ запропоновано заходи з метою прискорення їх залучення до розробки та дорозвідки.

Список використаних джерел:

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 05.05.1997 № 432 "Про затвердження Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/432-97-%D0%BF#Text.

2. Державний баланс запасів корисних копалин України. Газ природний. Випуск 23 – Київ, ДНВП "Геоінформ України" – 2024.

УДК 553.98:550.8:551.465(262.5)(477)

ДЕЛЬФІН І СКІФСЬКА: ПРОКЛАДАННЯ НОВОГО МОРСЬКОГО ШЛЯХУ ДО ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ УКРАЇНИ

Мельник Л.П.[1], *leonid.melnyk@ugv.com.ua;* ***Ольшанецький М.В.***[1], *marian.olshanetskyi@ugv.com.ua;*
Тищенко А.П.[1], *andrii.tyshchenko@ugv.com.ua;* ***Жадан А.М.***[1], *anatolii.zhadan@ugv.com.ua;*
Фенота П.О.[1], *petro.fenota@ugv.com.ua;* ***Кичка О.А.***[1], *oleksandr.kychka@ugv.com.ua;*
Вижва А.С.[1], *andrii.vyzhva@ugv.com.ua;* ***Маковець О.В.***[1], *oleh.makovets@ugv.com.ua;*
Максимчук П.Я.[2], *Maksymchuk@naftogaz.com;*
1 – АТ «Укргазвидобування», Київ, Україна
2 – НАК «Нафтогаз України», Київ, Україна

Висвітлено плани та результати реалізації проєкту з освоєння нафтогазових ресурсів у Чорному морі в межах спеціальних дозволів Групи Нафтогаз Дельфін та Скіфська. Однією з головних цілей цього проєкту є збільшення вітчизняної ресурсної бази вуглеводнів, підготовка об'єктів для пошуково-розвідувального буріння, залучення партнерів для зниження фінансових ризиків та організації подальшого видобутку. У висновках наголошується на необхідності розмінування території після війни для відновлення геологорозвідувальних робіт, що забезпечить енергетичну незалежність та геополітичну стабільність України.

THE DELPHIN & SKIFSKA: CHARTING A NEW MARITIME COURSE TOWARDS UKRAINE'S ENERGY INDEPENDENCE

Melnyk L.[1], *leonid.melnyk@ugv.com.ua;* ***Olshanetskyi M.***[1], *marian.olshanetskyi@ugv.com.ua;*
Tyshchenko A.[1], *andrii.tyshchenko@ugv.com.ua;* ***Zhadan A.***[1], *anatolii.zhadan@ugv.com.ua;*
Fenota P.[1], *petro.fenota@ugv.com.ua;* ***Kychka O.***[1]., *oleksandr.kychka@ugv.com.ua;*
Vyzhva A.[1], *andrii.vyzhva@ugv.com.ua;* ***Makovets O.***[1], *oleh.makovets@ugv.com.ua;*
Maksymchuk P.[2]., *Maksymchuk@naftogaz.com;*
1 – JSC Ukrgazvydobuvannya, Kyiv, Ukraine,
2 – Naftogaz of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The plans and outcomes of the project developing oil and gas resources in the Black Sea in the Delphin and Skifska special E&P permits of *Naftogaz Group* are highlighted. One of the main objectives of this project is to increase national hydrocarbon resource base, prepare facilities for exploration drilling, and attract partners to reduce financial risks and to organize further production. The conclusions emphasize the need to clear the area of mines after the war to resume geological exploration, which will ensure Ukraine's energy independence and geopolitical stability.

Вступ. Світовий видобуток вуглеводнів за останні п’ятдесят років демонструє тенденцію до переходу від суходільних родовищ до освоєння родовищ нафти та газу в акваторіях Світового океану, зокрема на континентальних шельфах і в глибоководних басейнах. Це обумовлено значним прогресом у технологіях буріння, що дозволяють проводити роботи на глибинах води до 3 км та істотним ресурсним потенціалом морських осадових басейнів, які раніше не були охоплені пошуково-розвідувальними дослідженнями. На сьогодні частка офшорного видобутку становить близько 30% від загального обсягу світових вуглеводневих ресурсів, і ця частка продовжує зростати через вичерпання запасів на суходолі та активізацію геологорозвідувальних робіт (ГРР) у морських акваторіях.

Потенційні ресурси вуглеводнів на українському шельфі Чорного та Азовського морів, за даними Державної служби геології та надр України, оцінюються у 2,3 млрд тон умовного палива, а ступінь їх реалізації становить тільки 3,5%. В межах українського сектору Чорного моря відкриті 9 родовищ вуглеводнів на глибинах води до 100 м (Голіцинське, Південно-Голіцинське, Штормове, Архангельське, Шмідтівське, Кримське, Одеське, Безіменне, Субботіна). Сумарні загальні початкові запаси газу цих родовищ становлять 100,3 млрд м^3, видобуток з яких з початку розробки склав 24,2 млрд м^3. [1, 2] Крім перелічених родовищ, за даними Фонду нафтогазоперспективних об'єктів у нафтогазоносних регіонах України станом на 01.01.2020 р. у межах українського сектору Чорного моря обліковано 57 виявлених та 32 підготовлені структури [3].

Зважаючи на наведене вище та низьку ступінь геологічного вивчення українського сектору Чорного моря існує потреба в проведенні подальших пошуково-розвідувальних робіт та їх значні перспективи в даному регіоні.

Треба зауважити, що Україна вже мала досвід з видобутку газу на шельфі Чорного та Азовського морів. З 1978 по 2014 рік таким видобутком успішно займалась державна компанія Державне акціонерне товариство «Чорноморнафтогаз», яка в єдиному технологічному комплексі здійснювала повний спектр робіт (пошук та розвідка вуглеводнів, буріння свердловин, облаштування родовищ нафти та газу, видобуток та транспортування вуглеводнів). Товариство володіло чотирма самопіднімальними плавучими буровими установками (СПБУ) «Сиваш», «Таврида», «Петро Годованець» та «Україна» [4]. Річний видобуток газу ДАТ «Чорноморнафтогаз» за 2013 рік склав 1,65 млрд $м^3$, з планами на збільшення видобутку газу в 2020 році до 5 млрд $м^3$.

Проте ці плани залишились нереалізованими, оскільки, наразі, після ворожих дій з боку російської федерації в 2014 році всі активи Державного акціонерного товариства «Чорноморнафтогаз» в Криму та Чорному морі є непідконтрольними Україні, включаючи морську інфраструктуру з видобування вуглеводнів, що знаходиться в морській економічній зоні України.

Разом з цим, зацікавленість світових нафтогазових компаній до організації геологорозвідувальних досліджень та видобутку на шельфі Чорного моря впродовж останніх 15 років є досить високою.

Проєкт освоєння нафтогазоносних ресурсів у Чорному морі ділянок Дельфін та Скіфська є одним із стратегічних проектів Групи Нафтогаз та стратегічною ціллю для України в частині енергонезалежності. Одним з основних завдань проєкту є збільшення ресурсної бази вуглеводній НАК «Нафтогаз України» та підготовка об'єктів для пошуково-розвідувального буріння.

Стан проєкту. У 2021 році НАК «Нафтогаз України» отримала 36 спеціальних дозволів на геологічне вивчення нафтогазоносних надр, у тому числі дослідно-промислової розробки родовищ, з подальшим видобуванням нафти, газу (промислова розробка родовищ), строком дії на 30 років. Підписано відповідні Угоди про умови користування надрами, додатками до яких є Програми робіт, якими серед іншого передбачено проведення сейсморозвідувальних робіт. Площа спецдозволів охоплює майже 29 000 $км^2$ акваторії, спецдозволи Дельфін-01-Дельфін-15 розташовані на шельфі, а Скіфська-01-Скіфська-22 на континентальному схилі та глибоководній западині (рис. 1).

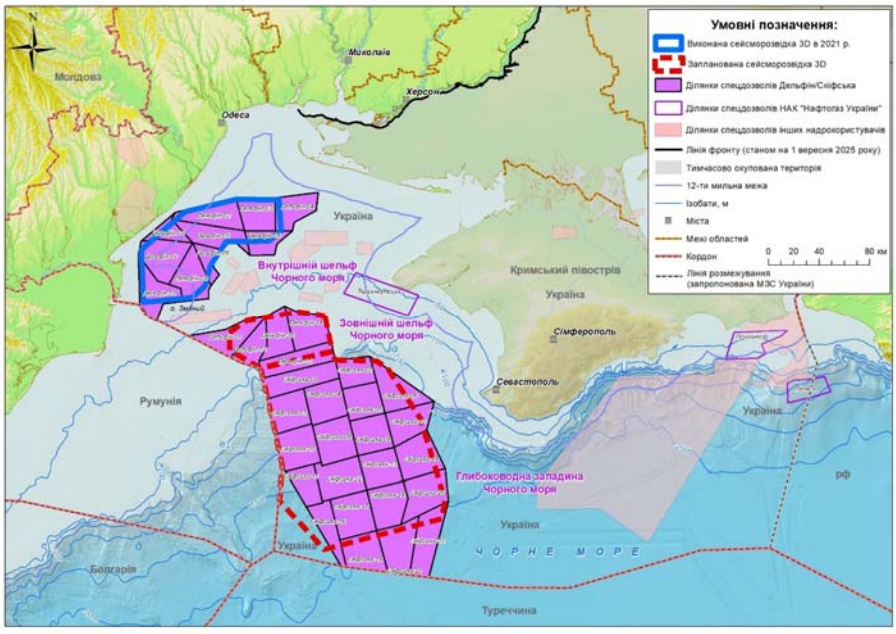


Рис.1 Стан надрокористування в українській акваторії Чорного моря

Планується, що спецдозволи з часом буде перетворено на одну або кілька угод про розподіл продукції (УРП), що є одним із найбільш поширених сценаріїв партнерства. Компанією опрацьовується конфігурація майбутніх УРП, а також щоб потенційний партнер володів передовим досвідом та технологіями глибоководного та горизонтального буріння. Очікуваними партнерами можуть бути провідні, національні, або незалежні нафтогазові компанії такі як ExxonMobil, British Petroleum, Royal Dutch Shell, Chevron, Total, Equinor, Saudi Aramco і ін.

Протягом вересня-грудня 2021 року на замовлення НАК «Нафтогаз України» компанією PGS Exploration (UK) Ltd проведені польові морські 3D сейсмічні та гравіметричні дослідження в обсязі 5000 км^2 в межах західної частини північно-західного шельфу Чорного моря (спецдозволи Дельфін-01 – Дельфін-10). У 2022-2023 роках виконані роботи з часової та глибинної обробки отриманих сейсмічних даних, що передбачені договором. Обробка сейсмічних даних включала в себе найсучасніший граф глибинної обробки, а саме FWI, KPSDM та SWIM [5, 6, 7].

Результати 3D обробки стали основою для структурно-тектонічної інтерпретації сейсмічних даних, розрахунку фільтраційно-ємнісних властивостей геологічного середовища, створення структурних карт та карт товщин по основних горизонтах відбиття, побудови просторової геолого-геофізичної моделі перспективних нафтогазових об'єктів [8].

Станом на сьогодні продовжується підготовка перспективних нафтогазоносних об’єктів (паспортів структур) для подальшого їх освоєння, оцінки ресурсного потенціалу з подальшим пошуковим бурінням в їх межах. Попередньо виділено 42 структури.

У 2022 році планувалося проведення 3D сейсмічні та гравіметричні дослідження на зовнішньому шельфі, континентальному схилі та глибоководній западині Чорного моря в обсязі 18600 км^2, але через війну ці дослідження не були розпочаті.

У 2023 році договір із PGS на проведення морських 3D сейсморозвідувальних досліджень та їх обробка був пролонгований на 3 роки. Після закінчення війни та покращення безпекової ситуації у Чорному морі, планується продовжити дослідження. Передуватиме початку робіт операція із знешкодження мін, установлених державою-агресором в українських морських просторах з метою подолання наслідків ведення бойових дій, що визначено планом заходів з реалізації Стратегії морської безпеки України (за сприяння та за участю країн-партнерів, НАТО та ЄС) [9].

Висновки. Проєкт Дельфін- Скіфська є стратегічно важливим для України, оскільки прогнозує значний ресурсний потенціал українського шельфу Чорного моря. Успішно проведені у 2021–2025 рр. 3D-сейсмічні дослідження та їх інтерпретація заклали основу для виявлення 42 перспективних структур, найкращі з яких будуть підготовлені до глибокого буріння. Відновлення геологорозвідувальних робіт після завершення війни та розмінування акваторії, яке планується за підтримки НАТО та ЄС, відповідно до Стратегії морської безпеки України, дозволить реалізувати угоди про розподіл продукції з провідними міжнародними компаніями. Такі партнерства не лише забезпечать залучення значних інвестицій і передових технологій глибоководного буріння, але й зменшать фінансові ризики для України. Крім того, міжнародна співпраця сприятиме створенню стримуючого фактора проти потенційних агресивних дій у майбутньому, зміцнюючи енергетичну незалежність України та її інтеграцію до європейського енергетичного ринку. Реалізація проєкту матиме довгостроковий позитивний вплив на економіку та енергетичну безпеку України.

Список використаних джерел:

1. Щорічник «Підсумки геологорозвідувальних робіт на нафту та газ в Україні” - Київ: Державна служба геології та надр України, Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2021 р., 17 рис., 34 табл., - 124 стор.

2. Державний баланс запасів корисних копалин України. Газ природний. Випуск 23, Південний регіон, книга 6 – Київ, ДНВП “Геоінформ України” – 2024. – 320 с.

3. Фонд нафтогазоперспективних об’єктів нафтогазоносних регіонів України (Східний, Західний, Південний) станом на 01.01.2020 р., Київ – 2020.

4. Офіційний сайт ДАТ «Чорноморнафтогаз» https://chornomornaftogaz.com.ua/

5. Tauvers P., Tyschenko A., Kitchka O., Melnyk L., Boekholt M. *Start of major 3D acquisition by Naftogaz in the Western Ukrainian Black Sea - implications for rejuvenation of offshore exploration for Ukraine*. Abs. AAPG Exploration and Production in the Black Sea Region and Super-Basin Thinking GTW, 6-7 September 2022, Trabzon. – P. 7.

6. Tegnander J.F., Kittell L., Helgebostad K.S., Tyshchenko A., Vyzhva A., Melnyk L. and Oukili J. *Efficient 3D Acquisition and Imaging in Ultra-Shallow Water for Frontier Exploration in the Black Sea, Ukraine*. Fourth EAGE Marine Acquisition Workshop, Sep 2024, Volume 2024, Oslo. P. 1 – 3, https://www.earthdoc.org/content/papers/10.3997/2214-4609.202436012, 09.09.2024.

7. TYSHCHENKO Andrii, VYZHVA Andrii, MELNYK Leonid, TEGNANDER Jonas Fagerli, KITTELL Lars-Erik, HELGEBOSTAD Kristian Svarva (2024) State-of-the-art 3D acquisition and imaging in ultra-shallow water in the northwestern part of the Black Sea. Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv: Geology. в.3(106), 2024, с.13-18. https://doi.org/10.17721/1728-2713.106.02

8. Kitchka, O., Olshanetskyi, M., Tyshchenko, A., Vyzhva, A., Zhadan, A., Makovets, O., Fenota, P., Khmelevskyi, A., & Melnyk, L. (2025). New 3D seismic data uncover inspiring exploration potential for oil and gas offshore the Dobrogea Foredeep, Ukraine. Geofizicheskiy Zhurnal, 47(2). p. 93-98. https://doi.org/10.24028/gj.v47i2.316924

9. Стратегія морської безпеки України. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1162-2024-%D1%80#Text

УДК 550.8

ПОШУК НЕСТРУКТУРНОГО ТА КОМБІНОВАНОГО ТИПУ ПАСТОК ЗА ДАНИМИ 3D СЕЙСМОРОЗВІДКИ

Кузьменко П.М., *к. геол. н., pavlo.kuzmenko@ugv.com.ua,*
Маляр В.О., *к. геол. н. , viktor.maliar@ugv.com.ua,*
АТ «Укргазвидобування», Київ, Україна

Широке впровадження 3D сейсморозвідки та застосування сучасних технологій розкривають додатковий вуглеводневий потенціал, шляхом виявлення неструктурного та комбінованого типу пасток. В роботі представлені приклади застосування методів сейсмічної інтерпретації, кількісної інтерпретації даних сейсморозвідки та використання сучасних алгоритмів обробки даних сейсморозвідки на родовищах Східного та Західного нафтогазоносних регіонів. Показано результати ідентифікування пасток неструктурного типу (стратиграфічних та комбінованих).

SEARCH FOR NON-STRUCTURAL AND COMBINED TYPES OF TRAPS BASED ON 3D SEISMIC DATA

Kuzmenko P., *Cand. Sci. (Geol.), pavlo.kuzmenko@ugv.com.ua,*
Maliar V., *Cand. Sci. (Geol.), viktor.maliar@ugv.com.ua,*
JSC UkrGasVydobuvannya, Kyiv, Ukraine

The widespread implementation of 3D seismic surveys and the use of modern technologies reveal additional hydrocarbon potential by identifying non-structural and combined types of traps. This paper presents examples of applying seismic interpretation methods, quantitative interpretation of seismic data, and the use of advanced seismic data processing algorithms in the O&G fields of the Eastern and Western oil and gas regions. The results of identifying non-structural traps (stratigraphic and combined) are demonstrated.

Вступ. Очевидно, сучасна геологорозвідка стикається з викликом: традиційні структурні пастки (антикліналі, приштокові та прирозломні зони), які довгий час були основним джерелом вуглеводнів, поступово вичерпують свій потенціал. Найбільші структури вже розбурені, а залишкові – переважно дрібні та малопродуктивні. Це змушує шукати нові підходи до виявлення ресурсів, зокрема все більше уваги приділяється на неструктурним та комбінованим пасткам, які мають значний потенціал, але складні для виявлення та оконтурення. Вони є майбутнє розвідки, проте їхня ідентифікація вимагає глибшого розуміння геологічного середовища та застосування інноваційних пошуково-розвідувальних методів. Такі пастки, як правило, не мають чітких геометричних ознак, тому класичні методи сейсморозвідки часто виявляються недостатніми. Водночас, сучасні геофізичні технології відкривають нові можливості для їх виявлення.

Метою даної роботи є виявлення та прогнозування пасток неструктурного та комбінованого типу на основі даних 3D сейсморозвідки з використанням сучасних геофізичних та петрофізичних методів. Дослідження спрямоване на розширення ресурсної бази вуглеводнів шляхом пошуку нових типів пасток.

Методика. Сейсмічні методи: широкоазимутальна 3D сейсморозвідка, застосування сучасних алгоритмів обробки сейсмічних даних, сейсмічна інверсія та класифікація на її основі.

Петрофізичні методи: інтерпретація каротажних даних, аналіз фізики порід (пористість, еластичні властивості, акустичні контрасти).

Геологічне моделювання: врахування геологічних умов: товщина пластів, літологія, глибина залягання, ущільнення порід, комплексне геологічне тлумачення результатів.

Результати. Ключовими елементом для знаходження пасток неструктрурного та комбінованого типу є комбінація широкоазимутальної 3D сейсміки, високотехнологічні алгоритмами обробки сейсмічних даних та використання каротажних даних API (American Petroleum Institute)-стандарту. Не меншу роль відіграють геологічні умови (потужність пласта, пористість, наявність впливу насичення на еластичні властивості, тощо). В сприятливих геологічних умовах при наявності реакції пружних властивостей на флюїд можливо методами кількісної інтерпретації даних сейсморозвідки (сейсмічна

інверсія та класифікація на основі інверсії) спрогнозувати літологію, насичення та відокремити пастки викликані виклинюванням пласта (один із варіантів стратиграфічної пастики). При менш сприятливих умовах, а саме значні глибини – насичення не можливо спрогнозувати, проте зберігається інформація щодо розподілу літології і якщо пастка обумовлена літологічним заміщенням можливо прослідкувати це заміщення і виокремити перспективну зону.

Авторами проведено аналіз стратиграфічних та комбінованих пасток на близько 10 площах східного та західного нафтогазового регіонів. Досліджувались різновікові відклади: на Східному регіоні від касимівських відкладів до візейських, на Західному – неогену та юри. На кожній із площ виконано петрофізичну інтерпретацію та аналіз фізики порід, за їхніми результатами зроблена кількісна інтерпретація сейсмічних даних. Геологічні обмеження методики визначення пасток неструктурного типу: товщина пласта – менше за роздільність здатність сейсміки (залежить від частоти та швидкості проходження пружної хвилі), низька пористість (відсутність реакції пружних параметрів на насичення – призводить до неможливості визначити насиченості пласта), акустична неконтрастність розрізу (відсутність диференціації колектору від вміщуючих порід – призводить до неможливості виділення навіть літологічного типу, найчастіше трапляється при тонкошаруватому перешаруванні пластів (притаманне Західному нафтогазоносному регіоні), або при значному ущільненні порід (як приклад – глибокі родовища центральної частини ДДЗ, де присутнє хімічне ущільнення). Проте, підтверджено на реальних прикладах, що сучасні технологічні рішення дають змогу прогнозувати пастки не структурного та комбінованого типів в разі дотримання технологій геофізичних досліджень та сприятливих геологічних умов.

Новизна. На реальних прикладах українських родовищ продемонстровано досвід ідентифікації пасток неструктурного типу за допомогою синергії сучасних геофізичних методів. Запропоновано комплексний підхід, що поєднує польові сейсморозвідувальні дослідження, петрофізику, кількісну інтерпретацію та геологічне моделювання. Обґрунтовано перспективність використання кількісної інтерпретації як ключового інструменту для локалізації нетрадиційних пасток.

Висновки. Таким чином, подальші перспективи геологорозвідки та нарощування газовидобутку пов’язані із комплексним застосуванням польових сейсморозвідувальних досліджень, сучасними алгоритмами обробки даних, сучасними методами геофізичних досліджень свердловин, комплексним аналізом та геологічним тлумаченням отриманої інформації. Ця синергія забезпечується кількісною інтерпретацією даних сейсморозвідки, оскільки вона використовує та поєднує результати усіх вищезазначених методів та дозволяє локалізовувати пастки неструктурного типу. Зазначений в роботі ефективний метод, що дозволяє ідентифікувати пастки неструктурного та комбінованого типу, який забезпечує розвиток видобувної галузі.

Список використаних джерел:

1. Krasnikova, O., Antoniuk, V., & Kuzmenko, P. (2025, April). Rock Physics and Seismic Data Quantitative Interpretation at Western-Ukrainian Oil&Gas Region–a Case Study. In 18th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment (Vol. 2025, No. 1, pp. 1-5). European Association of Geoscientists & Engineers.

2. Mavko, G., Mukerji, T., & Dvorkin, J. (2020). The rock physics handbook. Cambridge university press. 10.1017/9781108333016.

3. Aki, K., & Richards, P. G. (2002). Quantitative seismology.

УДК 550.8

ВИЯВЛЕННЯ ПОТЕНЦІЙНИХ ПЕРСПЕКТИВНИХ ДІЛЯНОК НА ВИСНАЖЕНИХ РОДОВИЩАХ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛІЗУ ГЕОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ТА ДАНИХ 3D СЕЙСМОРОЗВІДКИ

Владика В.М.*[1]*, *vladyka.vitaliy@ugv.com.ua,*
Михалевич І.Л.*[2]*, *к. геол. н., ihor.mykhalevych@ugv.com.ua,*
Штереб В.В.*[1]*, *volodymyr.shtereb@ugv.com.ua,*
Тиркус П.Б.*[1]*, *peter.tyrkus@ugv.com.ua,*
Савчук О.В.*[1]*, *oleksandr.v.savchuk@ugv.com.ua*
Бодлак В.П.*[1]*, *vasyl.bodlak@ugv.com.ua,*
1 – Львівське відділення УкрНДІгазу, м. Львів, Україна,
2 – ГПУ «Львівгазвидобування», м. Львів, Україна

Як показує досвід компанії з використання даних 3D сейсморозвідки в межах родовищ з тривалим періодом експлуатації, зростає успіх щодо виявлення слабодренованих зон або ж незадренованих блоків. Тим не менше, в цього напряму є свої труднощі, які вдається подолати за умови використання даних буріння свердловин.

IDENTIFICATION OF POTENTIAL PROSPECTIVE AREAS IN DEPLETED FIELDS BASED ON THE RESULTS OF COMPLEX ANALYSIS OF GEOLOGICAL INFORMATION AND 3D SEISMIC DATA

Vladyka V.*[1]*, *vladyka.vitaliy@ugv.com.ua,*
Mykhalevych I.*[2]*, *Cand. Sci. (Geol.), ihor.mykhalevych@ugv.com.ua,*
Shtereb V.*[1]*, *volodymyr.shtereb@ugv.com.ua,*
Tyrkus P.*[1]*, *peter.tyrkus@ugv.com.ua,*
Savchuk O.*[1]*, *oleksandr.v.savchuk@ugv.com.ua,*
Bodlak V.*[1]*, *vasyl.bodlak@ugv.com.ua,*
1 – LB UkrNDIgas, Lviv, Ukraine,
2 – GPU «Lvivgazvydobuvannya», Lviv, Ukraine

The UGV's experience in using 3D seismic data within fields with long operating periods is increasing its success in identifying poorly drained or undrained areas and blocks. This method has some difficulties, which can be solved by using well drilling data. Special attention should be paid to seismic interpretation for a high-quality depth model that will be used for operational drilling design.

Здавалося б, що в межах Косівсько-Угерської підзони Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину, в районі великих родовищ на завершальній стадії розробки (понад 90% вилучено дренованих запасів), не можна очікувати комерційні результати від буріння нових свердловин, проте за допомогою 3D даних сейсморозвідки, як показує досвід компанії АТ УГВ, можна суттєво уточнити геологічну модель родовищ та виявляти нові перспективні блоки чи ділянки.

Одним з основних викликів при 3D моделюванні є наявність достовірної швидкісної моделі. На жаль в межах давно відкритих родовищ якість ВСП недостатня для нових викликів. Тому, компанія, окрім якісної сейсморозвідки, останніми роками також концентрується на новітніх комплексах ГДС в тому числі і ВСП, що дає змогу підняти якість інтерпретації даних 3D сейсморозвідки та наблизити швидкісну модель до глибинної.

У минулому столітті, до незалежності України, на великих родовищах Західного НГР видобуток вуглеводнів відбувався «варварськими» темпами, що окрім техногенних та екологічних локальних катастроф, також призводило до швидкого руху законтурних вод та формуванню «язиків» обводнення. Це, в свою чергу, різко негативно впливало на об’єм вилучення вуглеводнів та різке збільшення вилучення супутніх пластових вод. В подальшому, наявність значних об’ємів супутньої пластової води у продуктивних свердловинах, викликало необхідність до уточнення оцінки об’єму вуглеводнів у покладі, в основному, в сторону заниження загальних запасів.

Такий стан справ призводив до різкого зниження зацікавленості до буріння нових свердловин, зокрема і для оновлення існуючого фонду, оскільки спорудження свердловин відповідно до економічних розрахунків було недоцільним.

В сучасних реаліях, виявлення нових покладів вуглеводнів, з врахуванням значного вивчення глибоким бурінням Косівсько-Угерської підзони, є складним завданням. Тому, природньо, значна увага фахівців компанії націлена на довивчення відомих великих родовищ.

На прикладі одного з родовищ, які є у портфелі АТ УГВ, в межах Західного НГР, та яке було відкрите у 50-х роках минулого століття, за допомогою 3D моделювання, було суттєво уточнено структурно-геологічну будову північно-східної його частини та переоцінено об'єм запасів, що в подальшому дозволило обгрунтувати економічну доцільність буріння свердловин. Незважаючи на значні видобутки з сусідніх свердловин (понад 3 млрд $м^3$ газу) та майже 26 млрд $м^3$ в цілому з покладу, після буріння і випробування нової свердловини було отримано на порядок більший приплив газу у порівнянні з працюючим фондом свердловин.

Відсутність якісної швидкісної моделі призвела до невірної інтерпретації та геологічного моделювання. Зокрема у підгіпсовому рівні, нижче відкладів карпатію зустрінуті теригенні комплекси середнього відділу юрської системи, замість очікуваних карбонатних відмін верхнього відділу юрської системи.

Тому, виходячи з нашого досвіду, можна виділити основні етапи моделювання для старих родовищ:

- Детальний аналіз даних раніше пробурених свердловин;
- Концентрація зусиль в районі високодебітних свердловин, з значними відборами, які були ліквідовані понад 30–50 років тому;
- Буріння тестової свердловини, виконання якісного ВСП;
- Доповнення PSDM моделі новими даними;
- Буріння ще кількох експлуатаційних та оціночних свердловин;
- Побудова постійно діючої гідродинамічної моделі.

УДК 553.04

НАРОЩУВАННЯ РЕСУРСНОЇ БАЗИ ЗРІЛИХ РОДОВИЩ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ СЕЙСМОРОЗВІДУВАЛЬНИХ РОБІТ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ ІНТЕРПРЕТАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Загороднов А.В., *zagorodnov.andrey@ugv.com.ua;*
Луценко В.Г., *lutsenko.viktoriya@ugv.com.ua;*
Шимановська Т.Я., *shimanovskaya.tatyan@ugv.com.ua,*
Український науково-дослідний інститут природних газів (УкрНДІгаз), Харків, Україна

Анотація: На прикладі одного з родовищ Дніпровсько-Донецької западини розглянуто етапи розвідки родовища динаміку розробки його запасів газу та можливості нарощування ресурсної бази і видобутку вуглеводнів з використанням сучасних методів дистанційних досліджень та технологій розкриття пласта.

INCREASING THE RESOURCE BASE OF MATURE FIELDS BASED ON THE RESULTS OF SEISMIC EXPLORATION WORKS AND IMPLEMENTING NEW INTERPRETATION TECHNOLOGIES

Zagorodnov A., *zagorodnov.andrey@ugv.com.ua;*
Lutsenko V., *lutsenko.viktoriya@ugv.com.ua;*
Shymanovskaya T., *shimanovskaya.tatyan@ugv.com.ua,*
Ukrainian Research Institute of Natural Gases (UkrNDIgaz), Kharkiv, Ukraine

Abstract: Using the example of one of the fields of the Dnieper-Donetsk Basin, the stages of exploration of the field, the dynamics of the development of its gas reserves, and the possibilities of increasing the resource base and hydrocarbon production using modern remote sensing methods and reservoir opening technologies are considered.

За останні роки 21 сторіччя, зокрема в умовах воєнного стану, все більш актуальним стає питання забезпечення країни енергоресурсами.

На прикладі одного з родовищ Дніпровсько-Донецької западини розглянуто можливості нарощування ресурсної бази та видобутку вуглеводнів з використанням сучасних методів дистанційних досліджень та технологій розкриття пласта.

В адміністративному відношенні газоконденсатне родовище знаходиться на території Харківської області України в зоні дії спеціальних дозволів на користування надрами, що належать АТ «Укргазвидобування».

З точки зору геології, це південний Вербівсько-Біляївський вал приосьової частини Дніпровсько-Донецької западині розташований в Машівсько-Шебелинському газоносному районі.

Початок систематичних досліджень глибинної геологічної будови родовища, належить сороковим рокам двадцятого сторіччя, проведено гравіметричні та електророзвідувальні дослідження. Сейсмічними роботами Східно-Української геолого-розвідувальної експедиції (СУГРЕ) 1964-1965 рр., виявлено уособлене поховане палеозойське підняття.

Пошуково-розвідувальне буріння на цій частині структури розпочато в 1965 році розвідувальною свердловиною в 1966 році при випробуванні відкладів P_1kt-C_3^3 отримали промисловий приплив, що і стало відкриттям газоконденсатного родовища.

У 1969 році родовище введено в дослідно-промислову розробку.

В 1973-1980 роках паралельно з бурінням проводились сейсмічні роботи з метою деталізації геологічної будови продуктивної товщі. Структурна карта по відбивальному горизонту $IVг_2$, що складена СУГРЕ в 1973 р., покладена в основу структурно-тектонічної моделі газоконденсатного родовища до захисту звіту по підрахунку запасів у 1974 році. Оцінку запасів газу родовища виконано та захищено в ДКЗ СРСР в 1974 р. харківськими фахівцями об'ємним методом та МППТ. Затверджено ~5 млрд м^3 початкових запасів газу, що оцінювались за МППТ. На баланс прийнято близько 3 млрд м^3 поточних запасів з урахуванням накопиченого видобутку.

На той час поклад вуглеводнів вважався масивно-пластовим і охоплював поверх газоносності у відкладах C_3^3-P_1kt, закладання нових експлуатаційних свердловин не передбачалося.

Для вивчення характеру залягання поверхні кристалічного фундаменту в 1975 р. відпрацьовано регіональний профіль за методом спільної глибинної точки (МСГТ), який

проходив через склепіння структури. В 1975-1980 рр. УкрНДІгазом виконувався аналіз поточного стану, контроль за розробкою та динамікою запасів газу газоконденсатного родовища.

У 1981 році УкрНДІгазом переінтерпретовано сейсмічні матеріали СУГРЕ минулих років (сейсмічні профілі та структурні карти по відбивальному горизонту $IV_{г2}$), прогнозовано більш вузькі межі розповсюдження соляного штоку, зокрема звуження його контуру в західній та північно-західній частинах. Цей прогноз підтверджено бурінням трьох пошуково-розвідувальних свердловин. На підставі результатів буріння та випробування згаданих свердловин у 1993 році зроблено перший, після відкриття родовища, оперативний приріст запасів вуглеводнів.

У 1982-2017 рр. на родовищі проведено ряд досліджень по уточненню геологічної будови, зокрема в 1993-1994 рр. сейсмопартіями СУГРЕ Основою став тематичний перегляд матеріалів сейсморозвідки 2D. За результатами деталізаційних робіт виконано структурні побудови по відбиваючим горизонтам $IV_{в2}$ (P_1sl), $IV_{г2}$ (P_1nk), Va (покрівля C_3^3) та $V_{б2}$ (верхня частина C_2b), що в цілому підтвердило геологічну будову структури.

На підставі дослідження експлуатаційних та розвідувальних свердловин, пробурених за результатами цих робіт, у 2002 році розширено площу газоносності та виконано наступний оперативний приріст запасів вуглеводнів.

Оперативний приріст запасів вуглеводнів в 2007 році пов'язаний з перерахунком за методом падіння пластового тиску (МППТ) по результатам розробки.

У 2017 р. в ДКЗ України затверджена «Геолого-економічна оцінка газоконденсатного родовища». За матеріалами ГЕО, прийнято багатопластову модель покладу, згідно якої продуктивність пов’язана з нижньопермськими та верхньокам’яновугільними відкладами – газоносні горизонти встановлені в асельському ярусі нижнього відділу пермі (2 продуктивні пласти – микитівської світи (P_1nk), 7 продуктивних пластів – картамиської світи (P_1kt-C_3kt)), гжельському ярусі верхнього карбону (8 продуктивних пластів араукаритової світи (C_3^3)). Крім цього, однією з свердловин, розкрито продуктивий пласт у відкладах авилівської світи верхнього карбону (C_3^2).

При детальному аналізі багатопластової моделі родовища визначено складність його будови, пов’язану зі значною літологічною мінливістю колекторів, які утримують окремі гідродинамічно не пов’язані між собою поклади вуглеводнів. ДКЗ України затверджено і прийнято на баланс: початкові загальні запаси «сухого» газу категорії C_1 близько 10 млрд $м^3$. Відповідно відбувся приріст промислових запасів газу за результатами ГЕО.

У 2016-17 рр. на площі, що повністю охоплює структуру родовища Східно-Українською та Придніпровською ГРЕ ДГП «Укргеофізика» проведено сейсморозвідувальні роботи МСГТ за технологією 3D. Фахівцями «Укргазвидобування» і УкрНДІгазу проведено деталізаційні сейсмічні дослідження із застосуванням новітніх інтерпретаційних технологій. Деталізована геологічна будова структур у відкладах палеозою та мезозою по горизонтах відбиття $IV_б$ (T), $IV_{в2}$ (P_1km), $IV_{в5}$ (P_1sl), $IV_{г2}$ (P_1nk), Va (C_1kt), $V_{б1}$ (C_2m), $V_{б2}$ (C_2b). Підготовлено паспорт на глибоке пошукове буріння по відкладах середнього карбону – відклади московського та башкирського ярусів ($V_{б1}$ (C_2m), $V_{б2}$ (C_2b).

Подальше розвідувальне та експлуатаційне буріння велося на підставі проєктів складених за результатами 3D-сейсмічих досліджень, які забезпечили обґрунтування місць закладання проєктних свердловин на підставі аномалій хвильового поля, що в умовах мінливого колектора значно підвищило результативність розвідувальних робіт. Крім того, при освоєнні свердловин використовувалися сучасні методи інтенсифікації, а саме, потужні гідророзриви пластів (ГРП), які дали можливість отримувати промислові припливи газу з колекторів пористість яких визначалася на межі граничних значень. Таким чином, використання сучасних методів дистанційних досліджень та технологій розкриття пласта дало можливість в 2019-2023рр. збільшити фонд свердловин до > 70, збільшити початковий об’єм загальних промислових запасів майже в 4 рази та значно збільшити річний видобуток.

На сьогодні на розглянутому газоконденсатному родовищі реалізується «Проєкт дорозвідки горизонту Г-9н…»., в якому на підставі сейсмічних аномалій розвитку колекторів запроєктовано буріння 3 свердловин. В разі успішної реалізації проєкту, очікується суттєве збільшення ресурсної бази родовища.

УДК 553.98.04

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПОКЛАДІВ ВУГЛЕВОДНІВ В МЕЖАХ ПЛАТІВСЬКО-ГРАКІВСЬКОЇ СТРУКТУРНОЇ ЗОНИ

Сурков С.В.[1]*, surkov.sergiy@ugv.com.ua;*
Костів А.Л. [1]*, kostiv.andrey@ugv.com.ua;*
Кривуля С.В.[2]*, к. геол. н., serhii.kryvulia@ugv.com.ua;*
Пуц Д.В.[2]*, denys.puts@ugv.com.ua;*
Разінькова Н.В.[2]*, nina.razinkova@ugv.com.ua,*
1 – АТ «Укргазвидобування» філія Український науково-дослідний інститут природних газів, м. Харків, Україна,
2 – АТ «Укргазвидобування» філія ГПУ «Шебелинкагазвидобування», с.м.т. Донець, Харківська обл., Україна

Застосування сучасних технологій сейсморозвідки 3D і результатів буріння в межах Платівсько–Граківської структурної зони дозволило запропонувати концепцію формування зон концентрації покладів вуглеводнів для даної території, що відкриває нові можливості нарощування ресурсної бази.

FEATURES OF HYDROCARBON DEPOSIT FORMATION WITHIN THE PLATIVSKO-HRAKIVSKA STRUCTURAL ZONE

Surkov S.[1]*, surkov.sergiy@ugv.com.ua;*
Kostiv A.[1]*, kostiv.andrey@ugv.com.ua;*
Kryvulia S.[2]*, Cand. Sci. (Geol.), serhii.kryvulia@ugv.com.ua;*
Puts D.[2]*, denys.puts@ugv.com.ua;*
Razinkova N.[2]*, nina.razinkova@ugv.com.ua,*
1 – Joint stock company «Ukrgasvydobuvannya» affiliate Ukrainian Research Institute of Natural Gases, Kharkiv, Ukraine,
2 – Joint stock company «Ukrgasvydobuvannya» affiliate GPD «Shebelynkagasvydobuvannya», settlement Donets, Kharkiv oblast, Ukraine

The use of modern 3D seismic exploration technologies and drilling results within the Plativsko-Hrakivska structural zone made it possible to propose a concept for the formation of hydrocarbon deposit concentration zones for this territory, which opens up new opportunities for increasing the resource base.

Платівсько- Граківська ділянка в останнє десятиріччя є об’єктом інтенсивного геолого-геофізичного вивчення і концентрації пошуково-розвідувальних робіт. Перспективність її пов’язана з відносно невеликою глибиною залягання основних продуктивних горизонтів; сприятливими гірничо-геологічними умовами для буріння свердловин; наявність результатів сейсморозвідувальних досліджень 3D високої роздільної здатності.[1] Зусиллями фахівців АТ «Укргазвидобування» виявлено і підготовлено до буріння цілий ряд об’єктів і структурних форм, як потенційних пасток вуглеводнів. Ці фактори забезпечили високий коефіцієнт успішності пошуково розвідувального буріння. За відносно короткий проміжок часу було відкрито та оперативно введено в дослідно-промислову розробку три газоконденсатних родовища. Загалом на площі перспективи газоносності охоплюють широкий діапазон розрізу кам’яновугільних відкладів від московського до візейського ярусів. Отримані фактичні дані дали розуміння про закономірності розподілу колекторів, як по площі так і по розрізу, а також особливостей їх формування

Основним структурним елементом що визначає особливості будови площі є Моспанівський згідний скид (рис.1), який перетинає її з північного-заходу на південний схід. Він генетично пов’язаний з крайовим уступом кристалічного фундаменту, що відділяє Північну прибортову зону ДДз від північного борту. В товщі осадочних порід на матеріалах сейсморозвідки скид прослідковується впритул до відкладів мезозою з кутом падіння скидача до 45 градусів і амплітудою 50-100 м, яка вверх по розрізу поступово зменшується. Лінійне простягання порушується виступами фундаменту з боку бортової частини, та другорядними порушенням що перетинають його вхрест, з боку борту і поступово затухають в бік занурення верств. Такий тектонічний каркас утворює окремі тектонічно екрановані і тектонічно обмежені структури-пастки на фоні загального

моноклінального залягання порід осадочної товщі. Пологе залягання скидача зумовлює досить значне неспівпадіння структурних планів – більш ніж 2 км від покрівлі московського ярусу до фундаменту, що робить проблематичним розкриття усієї товщі однією свердловиною. За зручністю опошукування виділяються три поверхи: московсько-верхньобашкирський, верхньосерпухівський та нижньосерпухівсько-візейський. Хоча можливі і комбіновані варіанти.

Формування Моспанівського скиду, імовірно, відбувалось консидементаційно протягом всього палеозойського періоду. У рельєфі він відображався у вигляді уступа, що контролював положення берегової лінії, тобто слугував певною перехідною межею від області зносу уламкового матеріалу до області його накопичення.

Шляхи переносу уламкового матеріалу фіксуються у сейсмічному полі як протіжні лінійні аномалії, а у свердловинах як алювіальні врізи. Їх положення обумовлено особливостями тогочасного рельєфу і контролювалось поперечними порушеннями і вже згаданими виступами фундаменту. Профіль занурення осадочних верств також не був однорідним. В скинутому блоці, в області що безпосередньо примикає до порушення, він виположується, утворюючи відносно вирівняні тераси 1.5-2 км завширшки. Це уповільнює швидкість зносу і створює сприятливі умови для осадконакопичення дельтових фацій у вигляді конусів виносу. Товщини пісковиків на різних рівнях сягають 10-20 м утворюючи комбіновані тектонічно екрановані і літологічно обмежені пастки вуглеводнів. Сейсморозвідкою ці об’єкти фіксуються у вигляді аномалій, найбільш інтенсивна частина яких відповідає газонасиченості. Форма аномалій також залежить від особливостей розрізу і роздільної здатності сейсміки.[2] Аномалія утворюються якщо товщина пласта перевищує 7-8 м (рис.2). Ці об’єкти є найбільш виразними і на даний час найбільш дослідженими в розрізі московського і верхньої частини башкирського ярусів середнього карбоні. Крім того подібні об’єкти зафіксовано свердловинами в розрізі серпухівського і візейського ярусів нижнього карбону, але через наявність потужних рефлекторів пов’язаних з карбонатними відкладами, аномалії що їм відповідають менш виразні.

Нижче по зануренню нахил верств збільшується в смузі паралельній простяганню Моспанівського скиду на відстані 1,5-2 км (рис. 1-3), яка знов переходить у відносно виположену терасу на більш глибшому рівні. В цій смузі фіксуються протяжний ланцюжок сейсмічних аномалій, які продовжують аномалію попереднього рівня, але своїм простяганням повторюють лінію Моспанівського скиду. Було виділено декілька прогнозних перспективних об’єктів, які локалізуються на різних рівнях як в розрізі так і в плані. В їх межах прогнозувалось наявність локальних масивів пісковиків прибережно морського генезису (пляжі, бари і т.і.). Пробурена нещодавно в межах однієї з аномалій свердловина підтвердила цю гіпотезу. Таким чином на даній території розпочато новий етап опошукування суто літологічних пасток. Виходячи з розмірів і поширення їх вуглеводневий потенціал може бути доволі значним.

Наступний рівень – занурена тераса, є ще не дослідженим. Він характеризується поступовим збільшенням товщини осадового комплексу. В сейсмічному розрізі на різних стратиграфічних рівнях спостерігається ряд клиноформ, які локалізуються у вигляді яскравих аномалій хвильового поля. З ними також можливо пов’язувати прогнозні літологічні або комбіновані пастки вуглеводнів із значним потенціалом.(рис.4)

Слід зазначити, що сучасною сейсморозвідкою 3D територія покрита лише частково, але пошуково розвідувальні роботи в її межах поступово змістилися в область покриття сейсморозвідкою 2D спираючись лише на структурний фактор, і підтвердили її перспективність в нафтогазовому відношенні, а також і вплив літологічного фактору на поширення колекторів. Очікується, що перспективи ділянки будуть мати схожі закономірності формування пасток вуглеводнів, а отримання результатів сейсморозвідки 3D виведе дослідження цієї території на новий якісний рівень.

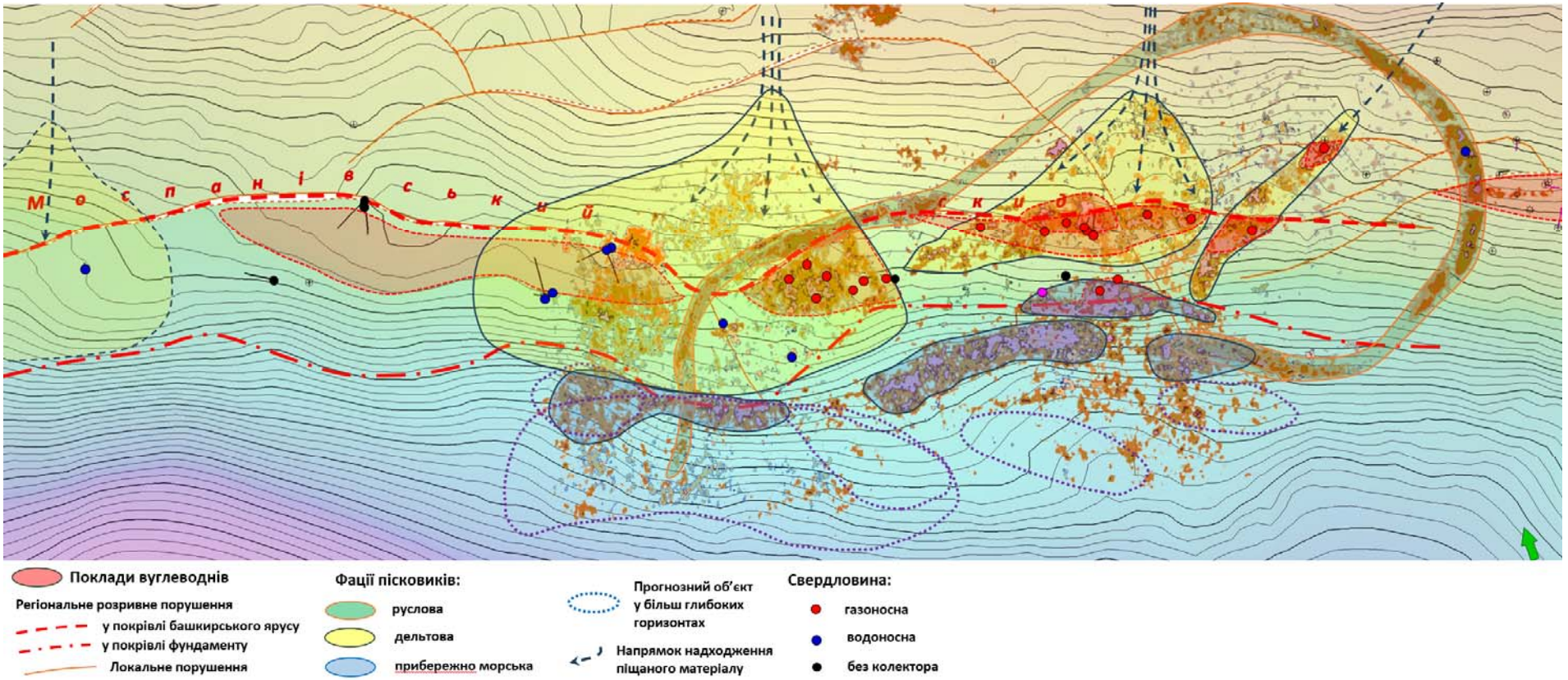


Рис. 1. Платівсько-Граківська структурна зона. Схема розповсюдження піщаних утворень в товщі московського і верхньої частини башкирського ярусів середнього карбону за матеріалами сейсморозвідки 3D і буріння

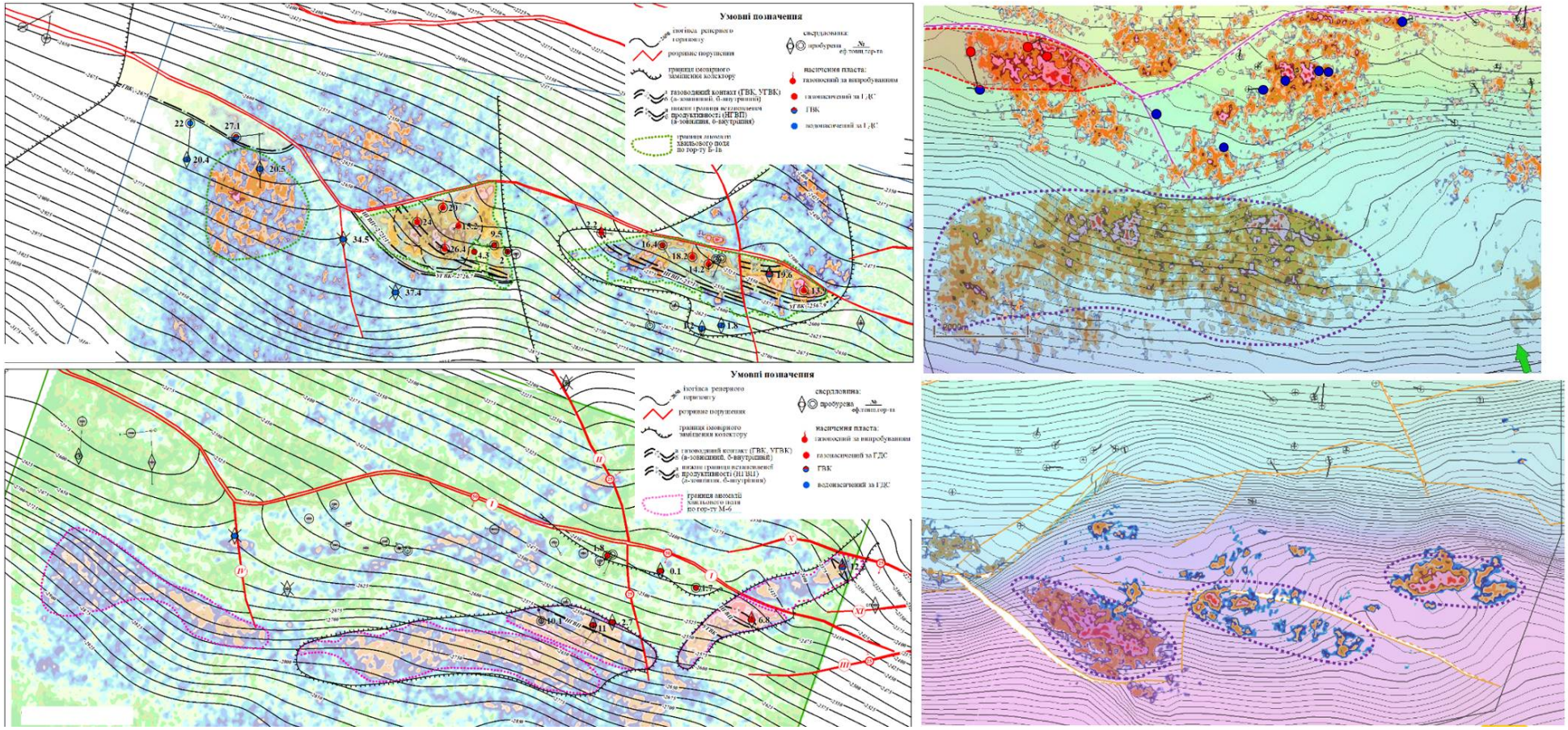


Рис. 2. Платівсько-Граківська структурна зона. Схема розповсюдження піщаних утворень на різних стратиграфічних рівнях за матеріалами сейсморозвідки 3D і буріння

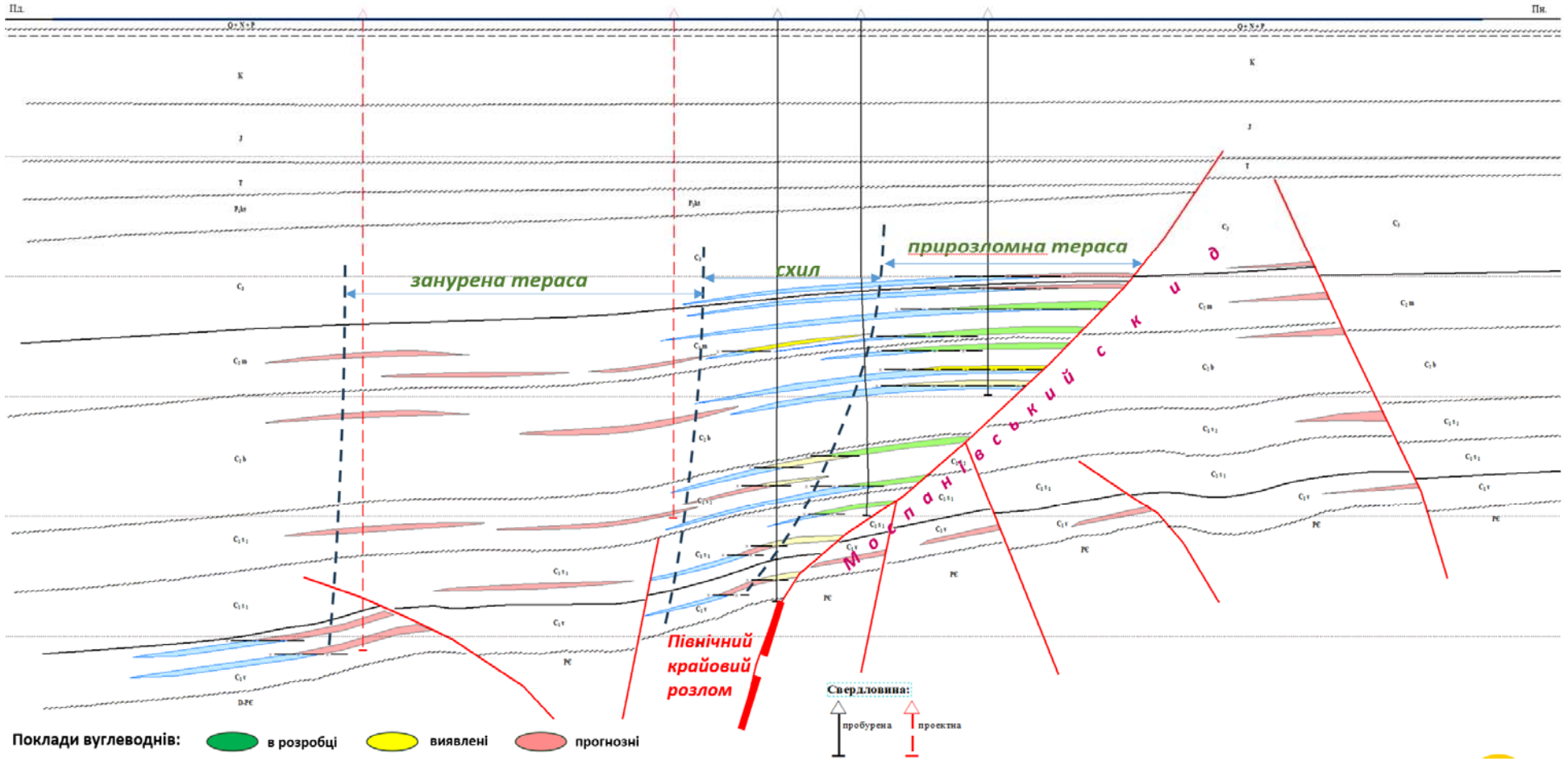


Рис. 3. Платівсько-Граківська структурна зона. Узагальнений геологічний розріз

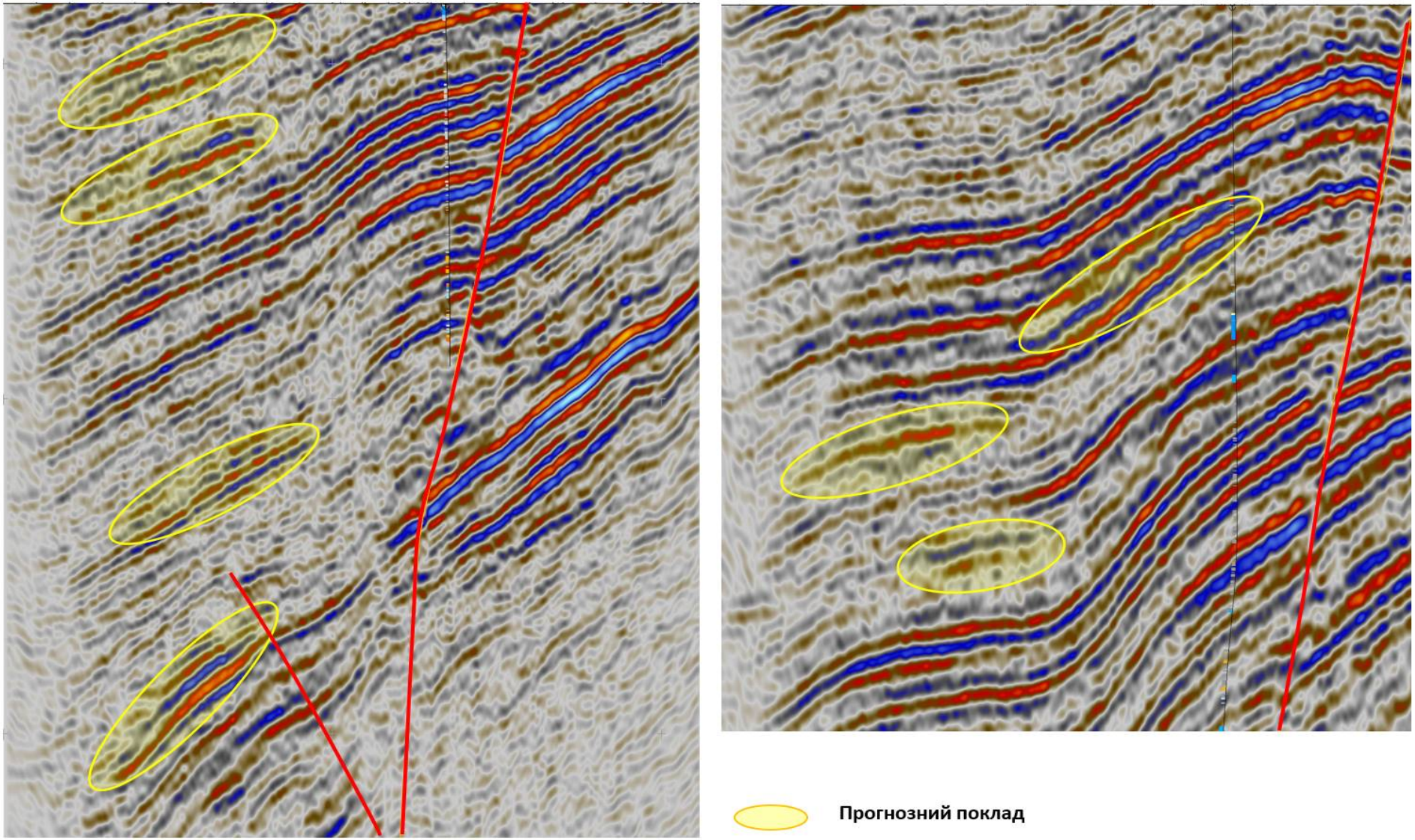


Рис. 4. Платівсько-Граківська структурна зона. Відображення перспективних об’єктів у сейсмічному хвильовому полі

Висновки.

1) Платівсько- Граківська структурна зона є високоперспективною територією ДДз. Поклади вуглеводнів виявлено у всій товщі розрізу кам'яновугільної системи від московського до візейського ярусів включно. Основним структуроутворюючим елементом на площі є регіональний Моспанівський скид.

2) Пошуково-розвідувальним бурінням і дослідженням матеріалів сейсморозвідки 3D виявлено закономірності формування та просторового розповсюдження порід колекторів, що вміщують поклади вуглеводнів. Продуктивні пісковики залягають окремими локальними масивами, які просторово групуються на трьох структурних рівнях.

3) На даному етапі детально досліджений лише перший, прилеглий безпосередньо до Моспанівського скиду рівень. Продуктивність другого рівня прибережно морських відкладів доведена і роботи в її межах продовжуються. Також прогнозується третій рівень скупчень колекторів – занурена тераса, в межах якої фіксуються аналогічні пошукові ознаки.

4) Вивчення на матеріалах сейсморозвідки 2D прилеглої з заходу території вказує на аналогічну її будову, а відтак і аналогічні закономірності розташування прогнозних об'єктів.

У світлі викладеного вище можна резюмувати, що проведені останніми роками нафтогазопошукові дослідження засвідчили високу перспективність даної території і те що вона має доволі значний потенціал. У зв'язку з чим вбачається актуальним подальше дослідження зони глибинного бортового розлому й суміжних частин грабену та Північного борту. Проведення широкоазимутальної сейсморозвідки за технологією 3D суттєво сприятиме успішності проведення пошуково-розвідувального буріння.

Список використаних джерел:

1. Сурков С.В., Костів А.Л., Ковшиков А.О., Кривуля С.В., Пуц Д.В., Разінькова Н.В. Перпективи пошуку покладів вуглеводнів в межах Платівсько – Граківської структурної зони// Матеріали VIII міжнародної науково-практичної конференції «Надрокористування в Україні. Перспективи івестування» – 2023. –С. 231-234.

2. В.Г. Колісніченко, І.В. Соловйов, Г.Д. Лісний, К.М. Злочевська, Т.О. Бурдейний. Побудова геологічних моделей підземних сховищ газу з використанням сейсморозвідувальної інформації (технології, досвід, результати та перспективи) монографія. – К. ТОВ «Геоюніт», 2024. – 170 с.

УДК 550.8

ОСОБЛИВОСТІ ПРИФРОНТОВОЇ ЗОНИ САМБІРСЬКОГО НАСУВУ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ГАЗОНОСНОСТІ

Михалевич І.Л.*[1]*, *к. геол. н., ihor.mykhalevych@ugv.com.ua,*
Бодлак В.П.*[2]*, *vasyl.bodlak@ugv.com.ua,* ***Данилків З.П.*[1]*,*** *danylkiv.zenoviy@ugv.com.ua,*
Граб О.І.*[2]*, *grab.oleg@ugv.com.ua,* ***Малетич Ю.І.*[2]*,*** *jurii.maletych@ugv.com.ua,*
1 – ГПУ «Львівгазвидобування», м. Львів, Україна,
2 – Львівське відділення УкрНДІгазу, м. Львів, Україна

Значна ступінь вивченості в плані нафтогазоносності Західного НГР як дистанційними так і прямими методами характерна лише для частини Косівсько-Угерської підзони Більче-Волицької зони та Бориславсько-Покутської зони. Тим не менше, опираючись на результати буріння останніх років та даних, які отримані, можна прогнозувати зростання інтересу до інших тектонічних одиниць, однією з яких є ділянка насуву Самбірської зони на Крукеницьку підзону. Нижньомолассові комплекси у різних частинах цільової території представлені різними теригенними літотипами, що ускладнює регіональний прогноз як геологічної будови так і поширення порід-колекторів і в цих тезах, в певній мірі, будуть висвітлені останні дані, що допомагатиме цьому процесу.

FEATURES OF THE SAMBIR NAPPE FRONTAL ZONE AND GAS POTENTIAL PROSPECTS

Mykhalevych I.*[1]*, *Cand. Sci. (Geol.), ihor.mykhalevych@ugv.com.ua,*
Bodlak V.*[2]*, *vasyl.bodlak@ugv.com.ua,* ***Danylkiv Z.*[1]*,*** *danylkiv.zenoviy@ugv.com.ua,*
Grab O.*[2]*, *grab.oleg@ugv.com.ua,* ***Maletych J.*[2]*,*** *jurii.maletych@ugv.com.ua,*
1 – GPU «Lvivgazvydobuvannya», Lviv, Ukraine,
2 – LB UkrNDIgas, Lviv, Ukraine

Studies and research in the context of oil and gas potential in the Western oil and gas region using both remote and direct methods are characteristic only for part of the Kosiv-Uherska subzone of the Bilche-Volytska zone and the Boryslav-Pokutsk zone. Nevertheless, based on the results of drilling in recent years and available data, there has been growing interest in other tectonic units, one of which is the Sambir zone thrust onto the Krukenytsia subzone. Lower Molasse complexes in different parts of the target area are represented by various terrigenous lithotypes, which complicates regional forecasting of both geological structure and distribution of reservoir rocks. These abstracts will highlight the latest data to assist in this process.

Актуальність вивчення особливостей геологічної будови та нафтогазоносності ділянки насуву Самбірської зони на Крукеницьку підзону Більче-Волицької зони зумовлена її розташуванням у нафтогазоносній провінції Передкарпатського прогину Західного нафтогазоносного регіону України. На думку авторів ця підзона має потенціал для виявлення нових невеликих покладів вуглеводнів особливо в умовах існуючого виснаження запасів і необхідності посилення енергетичної безпеки країни. Дослідження складних тектонічних і літолого-стратиграфічних умов формування покладів має ключове значення для обґрунтування перспективних напрямків пошуково-розвідувальних робіт.

Метою даної роботи є висвітлення нових даних щодо геологічної будови та перспектив нафтогазоносності прифронтової частини Самбірської зони Передкарпатського прогину.

Як відомо, з геологічної точки зору Самбірська зона – це безкореневий тектонічний покрив, складений нижньомолассовими відкладами стебницької та балицької світ. Покрив завширшки 20–30 км полого насунутий на Більче-Волицьку зону, та має товщину від перший сотень метрів до 5 км (зі сторони Карпат), також йому властива складна насувна будова (тут виділяються луски) із синклінальними та вузькими антиклінальними складками (підняття крил – південно-західне). Зона складена відкладами отнангського та карпатського ярусів неогенової системи, які представлені теригенною засоленою товщею із широким розвитком глин.

Компанія АТ «Укргазвидобування» в останні роки в межах Західного регіону активно використовує можливості 3D сейсморозвідки як базового дистанційного методу вивчення геологічної будови надр. Зокрема в межах низки спецдозволів АТ УГВ, які розташовані у

прифронтовій зоні Самбірського покриву на Крукеницьку підзону, теж в минулі роки було виконано значний обсяг таких досліджень. В результаті інтерпретації даних сейсморозвідки було виділено низку перспективних об’єктів та розпочато буріння пошукових свердловин, результати яких дали можливість більшою мірою систематизувати як сейсмічну інформацію так і геологічну.

Необхідно зазначити, що через значні кути падіння площини насуву та яскраво виражений розвиток антикліналей у нижній моласі з крутопадаючими лежачими крилами, доволі складно інтерпретувати дані 3D цієї частини розрізу. Тим не менше, з врахуванням результатів буріння свердловин можна виділити два основні типи прифронтової зони і взаємодії нижньо- та верхньомолассових відкладів. За умови, що приконтактна зона зі сторони Самбірської зони складена більш глинистими прошарками, в результаті насуву сарматська товща зазнавала більш плікативних деформацій, і у часовому полі чітко виражені підйоми до площини насуву. Натомість, якщо приконтактна зона була складена більш піщанистими товщами, тоді у товщі відкладів сармату спостерігається формування невеликих «компенсаційних» площин насувів і ця проміжна товща у часовому полі не надто здіймається до площини насуву зони.

Враховуючи наші спостереження, рекомендуємо виділяти «перехідну зону», для якої в першому випадку характерна дія засолонених пластових вод нижньої моласи на дашавські породи, що відображено у відсутності чітких реперів за ГДС у розрізі протягом 100-200 м від площини насуву. У другому випадку – такі репери у ГДС майже одразу присутні.

Щодо перспективності нафтогазоносності, варто зазначити, що для перехідної зони першого типу відклади Самбірської зони є боковим екраном, а для другого типу – через значний розвиток більш грубозернистих відмін – навпаки, транзитною зоною для вуглеводнів.

УДК 622.11: 550.4 (477)

МУЛЬТИДИСЦИПЛІНАРНИЙ ПІДХІД ДО ВИВЧЕННЯ ГЕНЕРАЦІЙНО-ВИДОБУВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ВІЗЕЙСЬКИХ НАФТОГАЗОМАТЕРИНСЬКИХ КОЛЕКТОРІВ НЕТРАДИЦІЙНОГО ТИПУ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ

***Левонюк С.М.*[1]**, *доктор філософії з Наук про Землю, serhii.levoniuk@ugv.com.ua;*
***Оринчак С.М.*[2]**, *serhii.orynchak@ugv.com.ua;*
1 – Український науково-дослідний інститут природних газів,
АТ «Укргазвидобування», Харків, Україна;
2 – АТ «Укргазвидобування», Київ, Україна

У роботі запропоновано методологічний підхід до вивчення генераційного і видобувного потенціалів органічно збагачених нафтогазоматеринських порід – колекторів нетрадиційного типу. Даний мультидисциплінарний підхід рекомендується авторами при вивченні даного типу колекторів в нафтогазоносних басейнах України з урахуванням поточної ситуації на нафтогазовому сервісному ринку України та країн ближнього зарубіжжя. Цей підхід було імплементовано на прикладі вивчення візейських нафтогазоматеринських товщ у межах Дніпровсько-Донецької западини.

MULTIDISCIPLINARY APPROACH TO THE STUDY OF GENERATION AND PRODUCTION POTENTIAL OF THE VISEAN SOURCE ROCK UNCONVENTIONAL RESERVOIRS WITHIN DNIEPER-DONETS DEPRESSION

***Levoniuk S.*[1]**, *PhD (Earth Sciences), serhii.levoniuk@ugv.com.ua;*
***Orynchak S.*[2]**, *serhii.orynchak@ugv.com.ua;*
1 – Ukrainian Research Institute of Natural Gases, JSC "Ukrgazvydobuvannya", Kharkiv, Ukraine;
2 – JSC "Ukrgazvydobuvannya", Kyiv, Ukraine

The paper proposes a methodological approach to study the generation and production potentials of organically enriched source rocks – unconventional reservoirs. This multidisciplinary approach is recommended by the authors for the study for this type of reservoirs in the petroleum basins of Ukraine, taking into account the current situation at oil and gas service market of Ukraine and neighboring countries. This approach was implemented on the example of study the Visean source rocks within the Dnieper-Donets depression.

Вступ. Наразі в АТ «Укргазвидобування» (УГВ) впроваджується проєкт з геологорозвідки візейських органічно збагачених нафтогазоматеринських порід – колекторів нетрадиційного типу у межах Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) (*Levoniuk et al., 2023; Iuras et al., 2024; Kruhlov et al., 2024; Levoniuk et al., 2024; Левонюк та ін., 2024; Levoniuk et al., 2025*). Протягом 2021-2025 років геологічною командою УГВ було напрацьовано методологічний підхід до вивчення генераційного і видобувного потенціалів даних колекторів з урахуванням особливостей їх геологорозвідки, міжнародного досвіду та поточної ситуації на нафтогазовому сервісному ринку України та країн ближнього зарубіжжя. На рисунку 1 схематично наведено основні складові цього підходу.

Виклад основного матеріалу. Вивчення нафтогазоматеринських товщ – колекторів нетрадиційного типу має бути націлене на встановлення їх як генераційного, так і видобувного потенціалів. Генераційний потенціал – здатність порід до генерації вуглеводнів; видобувний потенціал – здатність порід до «віддачі» вуглеводнів при видобуванні. Тобто, перше повинно дати відповідь на запитання «Чи є геологічні передумови до генерації в цих товщах комерційних об'ємів вуглеводнів?», друге – «Чи є можливість до вилучення вуглеводнів з цих товщ з використанням наявних технологій?». Ці два напрямки досліджень можна виконувати як паралельно, так і окремо.

Для встановлення генераційного потенціалу мають бути проведені дослідження по трьох напрямках: геологічний, петрофізичний та лабораторний. При чому дані роботи спочатку бажано провести на регіональному рівні для усього нафтогазового басейну або його окремої частини, а вже потім переходити на більш детальний рівень у межах найперспективніших площ.



Рис. 1. Рекомендовані складові мультидисциплінарного підходу до вивчення генераційно-видобувного потенціалу нафтогазоматеринських колекторів нетрадиційного типу

Геологічні дослідження (*Levoniuk et al., 2023; Kruhlov et al., 2024; Levoniuk et al., 2024*)***:***

- збір та аналіз усіх наявних в межах території робіт геолого-геофізичних матеріалів та аналіз історії вивчення і вже проведених геологорозвідувальних робіт – дані роботи допомагають зрозуміти що вже зроблено та на чому потрібно сконцентруватися надалі;
- інтерпретація матеріалів сейсморозвідувальних досліджень та геофізичних досліджень свердловин (ГДС), геологічна кореляція та побудова карт – надають геологічну основу для об'єктів вивчення: геологічна кореляція товщ регіональна та по окремих площах, структурно-тектонічні побудови, карти товщин та ін.;
- визначення ключових геологічних параметрів для колекторів нетрадиційного типу та їх картування – загальний вміст органічного вуглецю (TOC), генераційний потенціал, термальна зрілість порід, мінеральний склад, пористість, проникність, товщина порід, вертикальна глибина залягання відкладів;
- побудова регіональної геологічної концептуальної моделі – встановлення умов осадконакопичення та акумуляції й збереження органічної речовини в досліджуваних нафтогазоматеринських товщах, зональність нафтогазового басейну/площі по даним факторам та побудова відповідних структурно-фаціальних карт.

Петрофізичні дослідження (*Iuras et al., 2024*)***:***

- запис сучасних методів ГДС у ключових репрезентативних свердловинах – основні необхідні методи каротажу: ядерно-магнітний, спектральний гамма, літо-щільнісний каротажі, нейтронна-гамма спектроскопія;
- побудова універсальної петрофізичної моделі за даними сучасних методів ГДС та встановленого зв'язку «ГДС-керн/шлам»;
- використання моделі для петрофізичної оцінки усіх реперних свердловин у межах басейну/площі із записаними лише класичними методами ГДС.

Лабораторні дослідження (органічна геохімія) (*Levoniuk et al., 2025*)***:***

- спеціальні лабораторні дослідження керну та шламу (SCAL) – визначення вмісту TOC, типу керогену та його генераційного потенціалу, максимальної термальної зрілості порід, пористості та проникності та ін.;
- рентгенофлуоресцентний (XRF) аналіз шламу – визначення детального хімічного та мінералогічного складу порід з високою роздільною здатністю, що допомагає в уточненні умов осадконакопичення, у визначенні індексу відносної крихкості порід;

- розширений компонентний та ізотопний аналізи пластового газу – визначення термальної зрілості крекінгу газу, його генезису, встановлення домінуючого прогнозного типу флюїду в досліджуваних товщах, калібрація даних газопоказів станцій геолого-технологічних досліджень;

- ізотопний та біомаркерний аналізи конденсату, нафти і екстрактів породи – визначення генезису рідких вуглеводнів, термальної зрілості їх крекінгу, джерела їх генерації, допомога у розумінні домінуючого прогнозного типу флюїду в досліджуваних товщах;

- десорбція (дегазування) порід – розрахунок вмісту пластового газу в досліджуваних нафтогазоматеринських породах, відбір та розширені лабораторні аналізи газу безпосередньо з матриці досліджуваних порід.

Підсумком геологічних, петрофізичних та лабораторних досліджень є трасування перспективних ділянок («sweet spots») для генерації вуглеводнів у комерційних об'ємах, що базується на побудові ряду необхідних карт та виборі найперспективніших ділянок згідно них: фаціальні карти, карти розподілу вмісту TOC, товщин, генераційного потенціалу керогену, термальної зрілості порід, карти вертикальної глибини залягання досліджуваних товщ.

Для встановлення видобувного потенціалу мають бути ***проведені геомеханічні дослідження та визначена якість колектору***. Для цього є необхідним по ключових репрезентативних свердловинах проведення діагностичних ін'єкційних випробувань (DFIT-тести) та гідравлічних розривів порід (ГРП), а також запис деяких сучасних методів ГДС (основні – крос-дипольна акустика, мікроіміджер), що дозволяє:

- визначити параметр fracability порід (здатність порід до ГРП та пропагації тріщин) за допомогою встановлених frack градієнтів та індексу відносної крихкості порід;

- визначення напрямків горизонтальних мінімального (Sh_{min}) та максимального (Sh_{max}) стресів для встановлення азимуту буріння майбутньої горизонтальної свердловини та дизайну багатостадійного ГРП у ній;

- дослідження напруг присвердловинної зони (process zone stress) для оцінки рівня складності цієї зони (near wellbore complexity);

- визначення провідності колектору для розрахунку початкового дебіту та профілю видобутку майбутніх свердловин, уточнення дизайну багатостадійного ГРП;

- визначення показнику надлишкового тиску та наявного припливу вуглеводнів із матриці породи для розуміння наявності перспективності площі проведення робіт в отриманні комерційного видобутку вуглеводнів;

- базуючись на усіх отриманих вищенаведених даних – проведення геомеханічного 1D і 3D моделювання для прогнозування параметрів буріння майбутніх горизонтальних свердловин та дизайну багатостадійного ГРП у них.

Висновки. Авторами, базуючись на власному досвіді проведення геологорозвідувальних робіт в АТ «Укргазвидобування», запропоновано мультидисциплінарний підхід до вивчення як генераційного, так і видобувного потенціалів органічно збагачених нафтогазоматеринських порід – колекторів нетрадиційного типу. Даний методологічний підхід рекомендується авторами при вивченні даного типу колекторів в нафтогазоносних басейнах України з урахуванням поточної ситуації на нафтогазовому сервісному ринку України та країн ближнього зарубіжжя. Вищенаведений підхід було реалізовано на прикладі вивчення візейських нафтогазоматеринських товщ у межах Дніпровсько-Донецької западини протягом 2021-2025 років.

Подяки. Автори щиро вдячні АТ «Укргазвидобування» за дозвіл опублікувати дані матеріали.

Список використаних джерел:

1. Levoniuk, S., Iuras, S., Csizmeg, J., Vertiukh, A., Karpyn, V., Verhunenko, O., Khrapach, T., Kruhlov, B., Karpenko, I., & Sralla, B. (2023) Geological Settings and Depositional Model of Visean Unconventional Plays Within Dnipro-Donets Basin. AAPG 2023 International Conference and Exhibition (ICE).

2. Iuras, S., Orlyuk, M., Drukarenko, V., Levoniuk, S., Karpyn, V., & Popadynets, T. (2024). New workflow for petrophysical evaluation of Visean unconventional organic rich reservoirs within Dnipro-Donets Depression. Geofizicheskiy Zhurnal, 46(4).https://doi.org/10.24028/gj.v46i4.304092

3. Kruhlov, B., Levoniuk, S., Iuras, S., & Karpenko, I. (2024). Review of Visean Unconventional Reservoirs Within Dnipro-Donets Depression and Comparison to North American Unconventional Formations. Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology, 3(106), 28-41. https://doi.org/10.17721/1728-2713.106.04

4. Levoniuk, S., Csizmeg, J., Orynchak, S., Ostafiichuk, A., Verhunenko, O., Karpyn, V., Vertiukh, A., Khrapach, T., Iuras, S., Kruhlov, B., & Sralla, B. (2024) Visean Unconventional Plays at Dnieper-Donets Basin, Ukraine: Geological Settings and Exploration Challenges. AAPG 2024 Europe Regional Conference (ERC).

5. Левонюк С.М., Оринчак С.М., Карпин В.М., Олексин М.М., Вергуненко О.П. Геологічні ризики та технічні складнощі при розвідці візейських колекторів нетрадиційного типу у межах Дніпровсько-Донецької западини. IX науково-практична конференція «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування»: матеріали конференції, м. Львів, 7-11 жовтня 2024, с. 322-327. https://conf.dkz.gov.ua/files/2024_materials_net.pdf

6. Levoniuk, S., Kruhlov, B., Hejnar, J., Orynchak, S., Karpyn, V., Iuras, S. & Karpenko, I. (2025) New Insights in Hydrocarbon-Generating Potential Of V-23 Rudov Beds (Hot Shale) in the Dnieper-Donets Basin, Eastern Ukraine. IMOG 2025, Volume 2025, p. 1 – 2. https://doi.org/10.3997/2214-4609.202533308

7. API RP 40. (1998). Recommended Practices for Core Analysis. American Petroleum Institute, Washington, D.C, USA.

8. SR. (2021). A Guide to Unconventional Reservoir Prospect Appraisal. Stratum Reservoir standard, Houston, USA.

УДК 551.24+551.4+552.5

ДО РОЗТАШУВАННЯ ПОКЛАДІВ ВУГЛЕВОДНІВ У ПЕРЕДКАРПАТСЬКОМУ ПРОГИНІ ТА ЗОВНІШНІХ КАРПАТАХ

Лосів В.М., *vmlosiv@gmail.com*;
Яремович М.В., *geoltechnologies@gmail.com*;
ТОВ «НВТП «ГЕОЛОГІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ», Львів, Україна

Закономірності знаходження покладів корисних копалин, у тім числі вуглеводнів (ВВ) визначаються геологічними структурами, які є наслідком геодинаміки регіону. Її модель можна побудувати по якісних геологічних картах. Це стосується і регіону Карпатської складчастої системи (КСС) і ПКП. Наявні карти неякісні, закономірностей розташування покладів ВВ немає. Ігноровані процеси, що супроводжують перетворення обидвох структур у структуру скупчення, що супроводжуються термальними і термогазовими потоками (Т і ТГ потоками). Їх наслідками є формування купольних структур. Суттєву роль у будові регіону відіграють наскрізні поперечні крутопадаючі розломи. Всі структури проявлені у рельєфі і добре дешифруються по топографічних картах. Є елементи співпадіння віддешифрованих структур з картами аномалій гравітаційних та магнітних полів. Спостерігається приуроченість покладів ВВ до певних морфоструктур та їх частин, а також до перетину їх поперечними розломами південно-західного простягання.

TO THE LOCATION OF HYDROCARBON DEPOSITS IN THE PRECARPATHIAN TREATENANCE AND THE OUTER CARPATHIANS

Losiv V., *vmlosiv@gmail.com*;
Yaremovich M., *geoltechnologies@gmail.com*;
LLC «SPTE «GEOLOGICAL TECHNOLOGIES», Lviv, Ukraine

The patterns of finding mineral deposits, including hydrocarbons (BB) are determined by geological structures that are the result of geodynamics of the region. Its model can be built on quality geological maps. This also applies to the region of the Carpathian folded system (CFS) and the Precarpathian deflection (PCD). There are poor quality cards, there are no patterns of placement of deposits of BB. Ignored processes that accompany the transformation of both structures into a structure of accumulation, accompanied by thermal and thermal gas streams (TG streams). Their consequences are the formation of dome structures. Cross -cutting steady faults play a significant role in the structure of the region. All structures are manifested in the relief and are well decrypted on topographic maps. There are elements of the coincidence of rolled up structures with maps of anomalies of gravitational and magnetic fields. There is a confinement of deposits of BB to certain morphostructures and their parts, as well as to intersect them with transverse faults of the southwestern extension.

Вступ.

В природі не буває випадковостей. Все має свої взаємопов'язані причини і може бути логічно поясненим. Повною мірою це стосується геології, першочерговими очікуваннями якої, мається на увазі тої її частини, що стосується корисних копалин, є їх ефективне прогнозування на території будь-якого регіону. Обов'язковою умовою вирішення цієї задачі є якісні геологічні карти, оскільки вони слугують основою для розробки геодинамічної моделі регіону. Саме геодинамікою його розвитку визначається формування покладів всіх корисних копалин. Відповідно, чим більше наближена до реальної розроблена геодинамічна модель регіону, тим успішнішим буде прогнозування і менш затратними будуть пошукові та розвідувальні роботи. У повній мірі це стосується і формування покладів вуглеводнів (далі ВВ) та їх пошуків, як головної корисної копалини Передкарпатського прогину (ПКП) і Зовнішньої зони Карпатської складчастої системи (КСС)

Мета досліджень – загальна оцінка геологічного вивчення регіону, на основі аналізу опублікованих геологічних карт масштабу 1:200 000; аналіз інформації про наявні корисні копалини та розділів «Оцінка перспектив району» у пояснювальних записках до опублікованих геологічних карт масштабу 1:200 000 на придатність їх для прогнозування конкретних об'єктів, чи хоча б конкретних напрямків прогнозно-пошукових робіт; пошук факторів, та їх поверхневих проявів, які можуть мати вплив на розташування покладів ВВ з метою можливої конкретизації місць їх пошуків.

Завдання досліджень – оцінити потенційну можливість використання елементів мофоструктурного аналізу в комплексі з аналізом гравітаційних та магнітних полів в плані зміни підходів до вивчення регіону, перегляду його перспектив стосовно покладів ВВ та конкретизації напрямків прогнозно-пошукових робіт.

Результати робіт.

На жаль, за нашими оцінками, опубліковані геологічні карти регіону масштабу 1:200 000, не відображають його геологічну будову у всій її складності при тому, що їх оновлені версії опубліковані відносно недавно – у 2004 р. [3], 2005 р. [4], 2007 р. [1] На аркуш Лист М-34-XXX (Стрий) оновленої карти немає. Є лише карта складена ще у 1963 р. [5] Це при тому, що з точки пошуків ВВ він , чи не найцікавіший, виходячи з оцінок потенційної нафтогозоносності поширених у ньому стратонів та структур, що тягнуться з суміжних аркушів. Її ми навіть не аналізуємо – вона безнадійно застаріла.

Під впливом радянських (в першу чергу російських) геологів та і місцевих дослідників, не забуваючи про їх заслуги, сформувалося стійке відношення до регіону КСС і ПКП, що оскільки він давно обжитий, то і добре вже вивчений. В результаті геологокартувальні роботи масштабу 1:50 000 виконувались у значно «полегшеному» варіанті, ніж це робилося у неосвоєних районах Забайкалля, Далекого та Північного Сходу. В результаті складені геологічні карти масштабу 1:50 000 регіону малоінформативні. Вони лише підтверджують напрацьовані з кінця 19-го ст. погляди на складчасто-насувну будову КСС та ПКП, але не дають повної інформації про геологічну будову у всій її складності. Відповідно, такими ж малоінформативними є карти масштабу 1:200 000, для яких ці карти були базовими.

Те, що при складанні розрізів стратонів, вивченні контактів між ними та розривних порушень у такому складному і дуже закритому регіоні не використовувалися поверхневі гірничо-прохідницькі роботи об’єктивно робило неможливим складання якісних, кондиційних геологічних карт.

Автори всіх проаналізованих нами карт пишуть про високу інформативність численних свердловин. Однак це жодним чином не замінить безпосередніх спостережень порід у корінному заляганні, а фіксацію і вивчення крутопадаючих розломів та тектонічних зон робить майже неможливими. Інформація по свердловинах надзвичайно корисна лише комплексі з інформацією, отриманою при детальному вивченні геологічної будови з поверхні.

У розділах пояснювальних записок «Корисні копалини та закономірності їх розміщення» до карт, крім констатації наявності покладів ВВ в тих, чи інших, структурах, з більшим, чи меншим описом останніх, не приведено ніяких закономірностей стосовно їх розташування, крім прив’язки до окремих стратонів поширених у регіональних структурах – Бориславсько_Покутській (КСС) та Більче-Волицькій (ПКП) структурно-фаціальних зонах. Не вказано жодних реальних факторів, які давали б можливість конкретизувати напрямки та місця постановки пошукових робіт, За виключенням насувів, на картах не показано розломних структур, які контролювали б розташування покладів ВВ.

Як дуже суттєві недоліки опублікованих карт необхідно відзначити те, що автори карт досі [1, 3, 4]) трактують геологічний розвиток регіону з позицій давно застарілої геосинклінальної теорії, з дуже обмеженим формаційним аналізом [3, 4], та те, що не була побудована геодинамічна модель, яка пояснювала б і конкретизувала обумовленість геодинамікою (формаціями і структурами, особливо розломними) розташування покладів ВВ. Більше того, аналіз історії геологічного розвитку регіону у авторів карт чомусь закінчується накопиченням відкладів дашавської світи (ранній неоген, сарматський вік) ПКП, у в той час, коли поклади ВВ у цій структурі саме тоді і формувалися. Все ж це проміжок часу біля 5 млн років.

Далі відбуваються рельєфотворення, зледенніня та формування низки кліматолітів і незначні прояви неотектоніки. На жаль, з подібним підходом ми стикалися і у багатьох публікаціях стосовно історії розвитку регіону.

Це при тому, що саме у пізньому неогені завершувалося формування. так званого, Карпатського мегапокриву та становлення КСС і ПКП, як структури скупчення з глибоко зануреними коренями, в складі яких є блоки платформного походження, типу Лежайського масиву.

Зазначимо, що ми жодним чином не ставимо під сумнів те, що Карпатська складчаста система в цілому має складчасто-насувну будову. Однак за нашими, хоча ще і обмеженими, даними суттєву роль у ній відграють, різнотипні за кінематикою, крутопадаючі розломи. Це і різномасштабні зсуви з закономірної пари – насув-зсув, що виникали в процесі формування складчасто-насувної структури, і які зрідка показані геологічних картах [4], і розломи з переважаючою вертикальною кінематикою, які імовірно пов'язані з ізостатичним «спливанням» всієї структури скупчення КСС на завершальному етапі, який почався у пізньому сарматі і, думаємо, продовжується досі[9]. В деяких випадках і частина перших, і, особливо, других можуть прорізати всю структуру КСС і ПКП наскрізь. Саме в цьому, думаємо, найвірогідніше пояснення, як «глупі річки» своїми долинами перетинають хребти Карпат – вони безумовно приурочені до зон цих розломів, чи зон тріщинуватості, що розсікають складчасто-насувну структуру зони скупчування КСС. По іншому такий лінійний розмив поперек хребтів скельного масиву КСС не можливий. Так само і формування чітких дуго- та кільцеподібних долин. Там, де ріки течуть вздовж структур, значимих поперечних розломів, чи зон тектонічного пропрацювання, найімовірніше, немає.

На підставі сказаного вище, та зафіксувавши відсутність ясності у історії його розвитку у пліоцен-плейстоценовий час (приблизно 5 млн. р.), ми вирішили спробувати розібратися з структурами, які могли виникнути в цей період розвитку регіону у ПКП та КСС при формуванні ними єдиної колізійної структури скупчення. При цьому ми виходили з позиції, що структура скупчення формувалася не при субдукції, вона малореальна, враховуючи, що з північного сходу до ПКП прилягають лише блоки (терейни) континентального походження, поперечно розташовані до напрямку стиснення, яке формувало складчасто-насувну структуру КСС і ПКП, а при і імпульсно-стресовому підсуванні під останніх цих терейнових блоків – Лежайського, Коханівського (рис. 1в). Саме в момент стресового розвантаження умов стиснення між блоками, на нашу думку, відбувається привідкриття ТГ каналів і «вприск» по них ТГ потоків у перекривні структури. Одночасно, імовірно, привідкриваються ТГ канали і по лініях розколів фундаментів терейнових блоків.

Занурення коренів структури скупчення з підсунутими під неї континентальними блоками, логічно, супроводжувалося їх прогрівом і формуванням внутрішніх термальних потоків. При посиленні стиснення зростає щільність порід і відповідно теплопровідність. В результаті цього, та при посиленні цих внутрішніх потоків за рахунок Т і ТГ потоків глибинного походження, у породах структури скупчення відбувалися внутрішні мікрохімічні перетворення тісно пов'язані з літологією та умовами поширення всіх Т і ТГ потоків. Внаслідок цього в масиві порід повинні були виникати різнотипні за формою і розмірами купольні структури. Формування купольних структур над ТГ потоками відбувалося за принципом лійки «ядерного гриба». Таке припущення ми робимо на підставі появи інформації про імпульсний характер «вприскування» ТГ потоків по лініях розколів між континентальними блоками (терейнів) та їх фундаментів. Їх конкретна форма і розмір визначався літологією – мінеральним складом, пористістю, насиченністю водою, наявністю екрануючих структур – розломів насувного типу, та розломів з крутим заляганням. По більшості, вони оконтурені кільцевими розломами.

Поява кільцевих та частини поперечних розломів пов'язана з «монолітизацією» порід у куполах – вони стають стійкішими до деформації, а також, що для нас важливо, до

ерозії, ніж термально непропрацьовані породи, та зони розломів крутого залягання. Останні, на нашу думку, часто відігравали негативну роль оскільки теплопередача по них нижча, ніж по монолітній породі. Однак саме по них, крім високопористих порід, відбувалися основні термогазові еманації – вони контролювали їх. Вони ж були каналами заходу теплових потоків у підекранний простір під структурою скупчення та на різні її рівні.

Т і ТГ потоки призводили до більш інтенсивного «дозрівання» нафтогазоматеринських порід - перетворення Сорг. (органічного) у Свв. (вуглеводневе). Слідом за [2] ми вважаємо, що звичайного ж занурення цих порід на певні глибини недостатньо – не всі ж породи з високим вмістом Сорг. при цьому «дозрівають»

Одночасно продовжувалося формування різнорангових – в одній, чи в кількох шарьяжно-насувних пластинах, та крупних, трансструктурних зсувів, пов'язаних з насуванням всієї структури скупчення КСС та ПКП на колаж терейнів (ми вважаємо, що тектонічні блоки, які розглядаються, як частини, то Західноєвропейської, то Східноєвропейської (СЄП), платформ, розташовані на південний захід від Рава-Руського розлому (шовної зони), є невеликими терейнами, які причленяються до СЄП через зону Тейсейре-Торнквіста), і формуванням, так званого мегапокриву Карпат. Розломи зі зсувною кінематикою, імовірно, виступали в ролі «насосів» дилатансного перекачування мікрокрапель ВВ з «дозрілих» нафтогазоматеринських порід до місць їх майбутньої локалізації [1] – екранованих пасток, складених породами з хорошими колекторськими властивостями. В ролі міграційно-контролюючих структур виступали і ті крутопадаючі розломи, які, поза сумнівом, виникали при ізостатичному спливанні всієї структури скупчення на завершальному етапі її формування. Останні, на нашу думку, в умовах безупинного стиснення, яке продовжувалося і в цей період розвитку регіону, по більшості теж мають зсувну компоненту. Всі розломи могли бути, як каналами перетоків мікрокрапель ВВ до колекторів, так і , як і пов'язані зі зсувами, як правило «відкриті», розломи тріщин сколювання, каналами «вентиляції» (руйнування) покладів.

Оскільки всі геологічні структури з виходом на поверхню в тій чи іншій формі проявляються у рельєфі, то ми, грунтуючись на значному досвіді групової геологічної зйомки масштабу 1:50 000 у не менш закритому регіоні, зайнялися детальним дешифруванням доступних топографічних карт регіону масштабу 1: 100 000 (доступні в інтернеті), а по суті елементами морфоструктурного аналізу. Ми розраховували на виявлення проявлених у морфоструктурах вищезгаданих купольних структур, різноорієнтованих крутопадаючих розломів різної кінематики та елементів приуроченості покладів ВВ до них. При цьому ми не ставили собі за мету виявлення насувних структур і тому показали їх дуже обмежено.

Результати показані на рис. 1 а (осн. м- бу 1:100 000), де чітко проглядаються дві купольні структури, оконтурені кільцевими розломами – в центрі меншої знаходиться м. Дрогобич (Дрогобицький купол), а центрі у більшої м. Калуш (Калушський купол). Обидва куполи оконтурені кільцевими розломами, а поперечними, південно-західного простягання, та їх групами, розділені на дві половини. Амплітуда перевищення рельєфу обох куполів на днищами річкових долин сягає 100-130 м. З північного заходу до обох куполів прилягають дугоподібні міжрозломні підняття з перевищення 50-60 м.

На захід від Калушського куполу видно відпупкування, обмежене дугоподібним розломом, а з південного-сходу до нього, імовірно, прилягає ще один купол.

Між обома куполами проходить група поперечних розломів які розділять їх між собою. Однак, за нашими припущеннями, ці розломи ділять на дві половини ще один, третій купол в центрі якого розташоване м. Стрий (Стрийський купол), асимільований першими двома.

Дещо окремо стоїть ділянка на північний захід від м. Самбір – складається враження, що тут має місце сегмент асимільованого куполу, відрізаний дугоподібним розломом.

Важливо зазначити, що на нашу думку, від всі річкові долини приурочені до розломів. При цьому р. Дністер на всій протяжності від виходу ПКП і вниз по течії має помітну приуроченість до кількох спряжених дугоподібних розломів.

З аналізу розташування родовищ і проявів ВВ, та мінеральних джерел у ПКП та у смузі вздовж його межі з Зовнішньою зоною КСС ми виділили кілька ділянок їх підвищеної концентрації, яка, на нашу думку, може бути пояснена їх приуроченістю до виділених нами структур (рис. 1 а): Болозівська ділянка (1) – приурочені до невеликих купольних структур біля фронту Самбірського розлому, Меденицька ділянка (2) – приурочені до північно-східного краю Дрогобицького куполу, невеликого відпупкування та перетину куполу з поперечним розломом, що ділить його на дві половини, Жидачівська ділянка (3) – приурочені до крайової північно-східної частини Стрийського куполу та його перетину поперечним розломом, який обрізає поле їх поширення, Подорожна ділянка (4) – приурочені до північно-західного краю Калушського куполу на зчленуванні його зі Стрийським, Старосамбірська ділянка (5) – приурочена до двох невеликих купольних структур з відпупкуваннями, розташованих у фронтальній частині Скибового розлому, Бориславська ділянка (6) – приурочені до південно-західного флангу Дрогобицького куполу та перетину серії поперечних розломів з Бориславсько-Покутським розломом (краєм Зовнішньої зони КСС), Долинська ділянка (7) – приурочені до південно-західного краю Калушського куполу та розташованих тут кількох невеликих куполів, Синьовиднинська ділянка – приурочені до периметру структури просідання.

Крім куполів під впливом Т і ТГ потоків можливе виникнення структур з внутрікупольними просіданнями, що пов’язане з поширенням теплових потоків у лійці «ядерного вибуху» по периметру «гриба». Саме така структура, на нашу думку, має місце в районі В. Синєвидного.

Результати нашого аналізу топографічних карт ми наклали на опубліковані геологічні карти масштабу 1:200 000 (рис. 1б). Співпадіння в цілому дуже не значні, що ми вважаємо не дивним, враховуючи зазначене нами вище про якість карт. З цим же, імовірно пов’язана відсутність прив’язки зафіксованих термальних потоків до геологічних структур, зображених на картах [9]. При цьому варто зазначити, що саме до північного краю Стрийського куполу приурочена ділянка з вираженою мінливістю потужності дашавської світи, і саме в полі частини Калушського куполу до зони, де його з південного сходу обрізають поперечні розломи, поширені наймолодші неогенові відклади регіону – пліоценові. імовірно мала місце «затримка його вертикального руху відносно північно-західної половини.

Наклавши наші результати на карти локальних аномалій гравітаційних (рис. 2а) та магнітних (рис. 2б) полів регіону [6] ми отримали помітне співпадіння і з тими і з другими. У гравітаційних полях чітко проявлений периметр та поперечні розломи Дрогобицького куполу. При цьому кидається в очі наявність кількох аномалій, які можна пов’язувати з проявлених біля його південного периметру невеликих випупкувань. Менш виразно помітний у гравітаційних полях Калушський купол, що може бути пов’язаним з наявністю по його периметру цілої серії невеликих куполів. У магнітних полях помітне співпадіння негативних аномалій магнітного поля з поперечними розломами.

Для більш чіткого аналізу прояву віддешифрованих нами купольних структур і оконтурюючих їх розломів та поперечних розломів у гравітаційних та магнітних полях необхідні більш якісні карти їх аномалій.

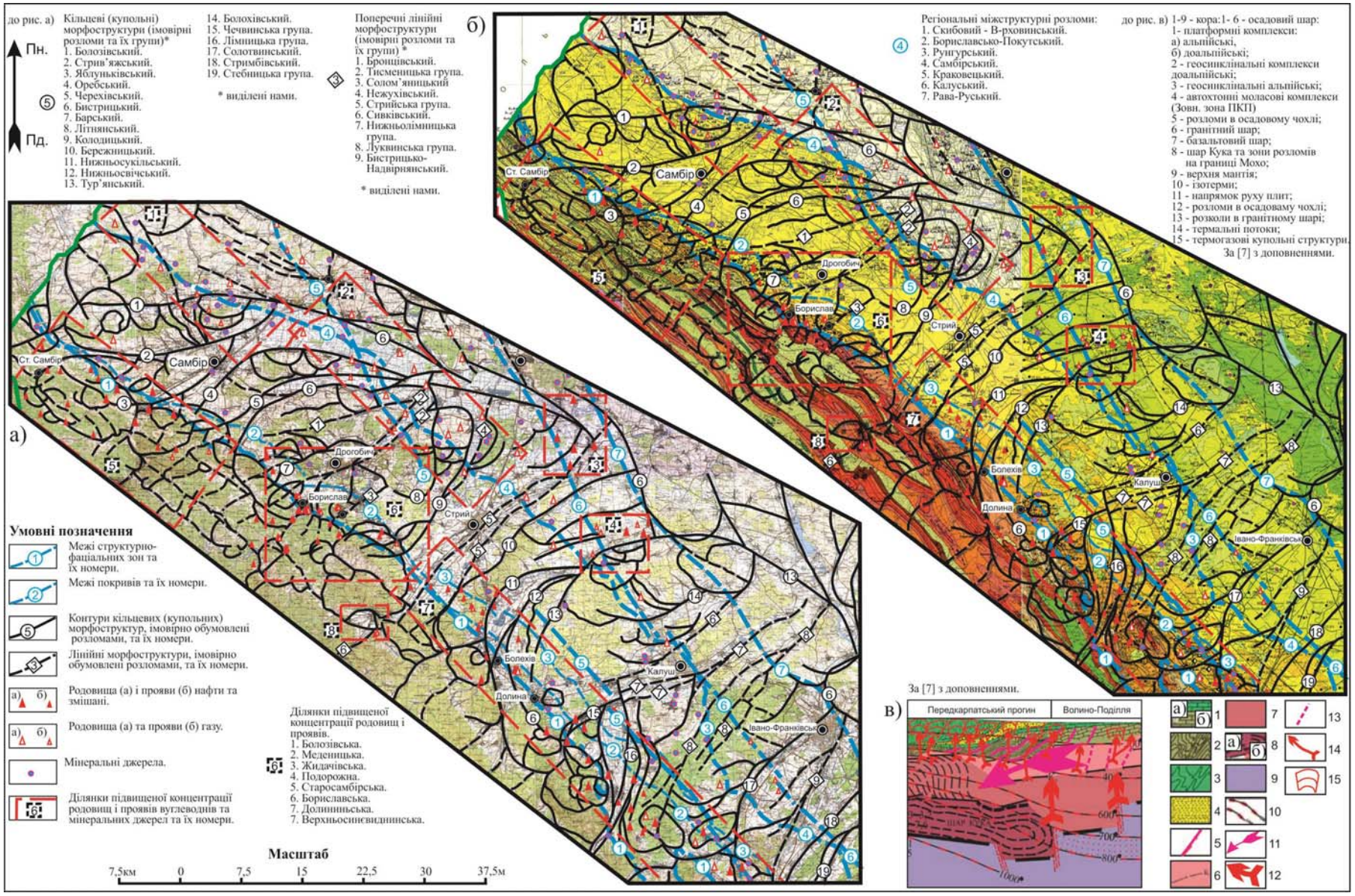


Рис. 1. Розташування родовищ і проявів ВВ, та мінеральних джерел у ПКП та у смузі вздовж його межі з Зовнішньою зоною КСС

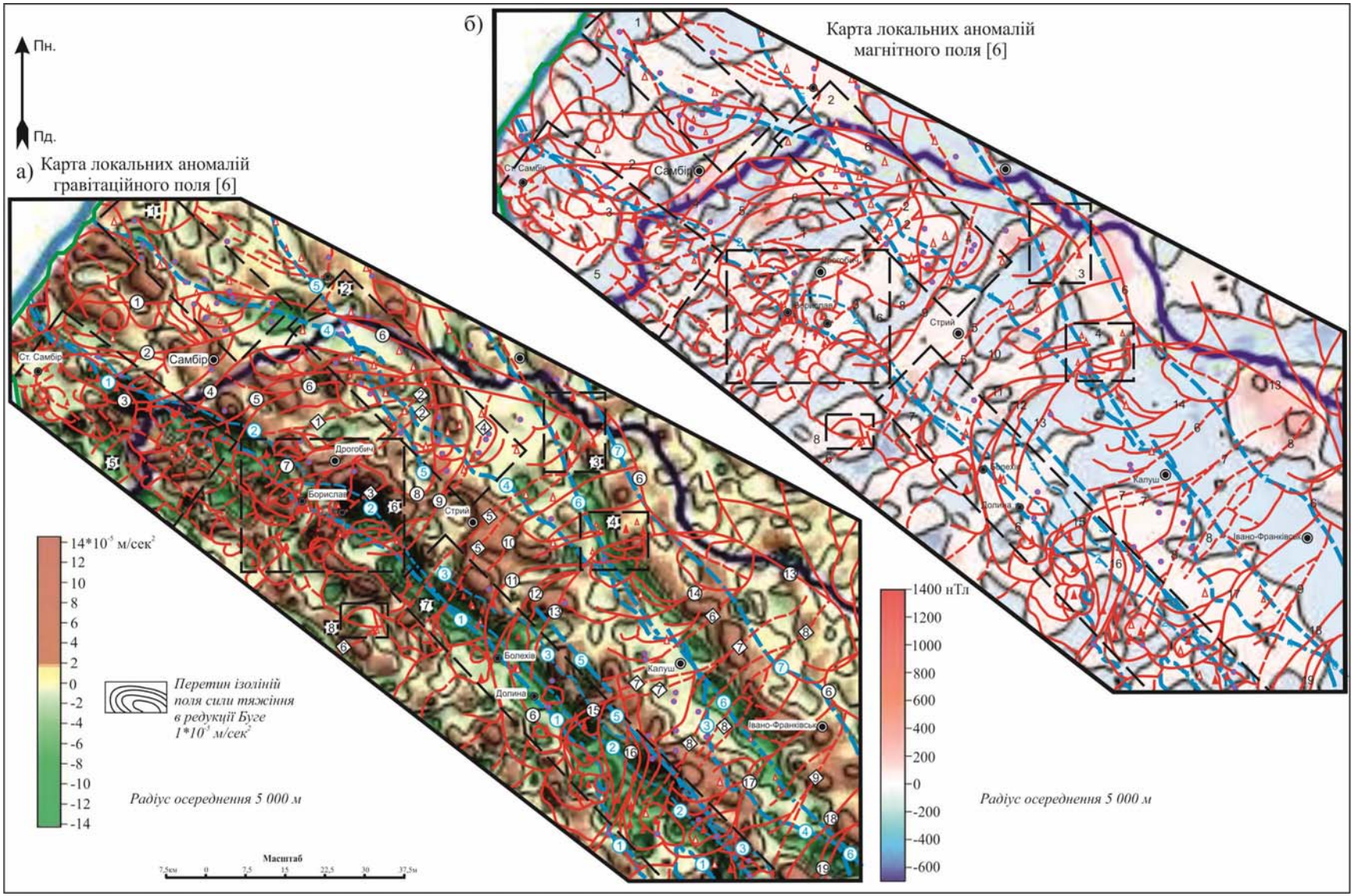


Рис. 2. Карти локальних аномалій гравітаційних (рис. 2а) та магнітних (рис. 2б) полів регіону

Висновки.

1. Комплекти геологічних карт регіону не відображають реальну геологічну ситуацію регіону і не містять інформації придатної для придатні для прогнозування та пошуків покладів ВВ.

2. При їх складанні роботи першого етапу, імовірно, виконувались на низькому рівні, що значною мірою, не дало можливості виявити і вивчити значно поширені у його геологічній будові крутопадаючі розломи, особливо, поперечні, які можуть відігравати суттєву роль у формуванні покладів ВВ, як канали поширення Т і ТГ потоків, структури дилатансного нагнітання (перекачування) ВВ до місць їх накопичення і локалізації, їх поділу на частини та руйнування.

3. В розділах «Історія геологічного розвитку» пояснювальних записок карт випав інтервал біля 5 млн. р. - від пізнього сармату (ранній неоген) до нашого часу, коли саме відбувалося формування основних покладів ВВ регіону, що не зрозуміло.

4. При формуванні колізійної структури скупчення на кінцевому етапі розвитку КСС та ПКП інтенсивно проявився вплив Т і ТГ потоків на внутрішню структуру породних комплексів регіону, що супроводжувалося появою в його будові купольних структур різних розмірів і морфології, по більшості, кільцевих і оконтурених кільцевими розломами.

5. Імовірно, мають місце взаємні накладання куполів та наявні різні відлупкування.

6. Одним з підтверджень прогріву порід та виникнення ТГ потоків є наявність термальних вод у ПКП та КСС[4].

7. Т і ТГ потоки та розломи, особливо, поперечні відіграють суттєву роль у формуванні покладів ВВ – дозрівання нафтогазоматеринських порід та міграції мікрокрапель ВВ до місць локалізації їх покладів – екранованих колекторів. Ці розломи потребують вивчення.

8. Необхідно цілеспрямовано вивчати мікрохімічні зміни порід, що обумовлюють появу купольних структур.

9. Зміни порід в куполах та розломи, які їх оконтурюють суттєво впливають на компетентність різних ділянок території до ерозії, в першу чергу, до розмиву водними потоками.

10. Всі геологічні структури проявлені у морфоструктурах рельєфу, який формується весь час розвитку регіону, набуваючи спостережених нами форм на його кінцевому етапі.

11. У рельєфі чітко фіксуються купольні структури та різноорієнтовані, з різною кінематикою розломи, що видно на рис. 1, де показані віддешифровані морфоструктури.

12. Принципове значення має наявність поперечних розломів зсувного типу, які можуть виконувати роль «дилатансних насосів».

13. Виділені нами морфоструктури в загальних рисах підтверджуються при накладанні результатів дешифрування на карти аномалій гравітаційного та магнітного полів, приведені публікаціях [6].

14. Результати дешифрування потребують підтвердження польовими спостереженнями та додаткового вивчення їх співпадіння з характером геофізичних ролів.

15. Враховуючи, що ТГ потоки призводять до зміни фізичних параметрів порід, їх вплив необхідно враховувати, аналізуючи сейсмограми при сейсморозвідці.

17. Аналіз розташування відомих покладів ВВ та їх проявів, показаних на опублікованих картах регіону, та результатів нашого дешифрування морфоструктур, дає підстави визначити деякі закономірності їх знаходження – приуроченність їх до певних видів (розмірів) куполів та їх частин, перетину, оконтурюючих їх розломів між собою, чи з поперечними розломами.

Все сказане вище не означає, що у нас самих немає сумніву у деяких наших судженнях, але не поставивши запитання не можна отримати відповіді. Тим більше, що ми вважаємо – воно слугує підставами для продовження робіт у цьому напрямку.

Критичні зауваження дозволять нам шукати варіанти пояснення питань, які їх викликали.

Список використаних джерел:

1. Ващенко В.О. та ін. Державна геологічна карта України. Масштаб 1:200 000. Аркуш M-35-XXV

(Івано-Франківськ). К., 2007.

2. Высоцкий И. В., Кучерук Е.В. Нефтегазоносность орогенных поясов. Итоги науки и техники. Серия «Месторождения горючих ископаемых». т. 16. М. ВИНИТИ. 1988. 197 с.

3. Герасімов Л. С. та ін. Державна геологічна карта України. Масштаб 1:200 000. Аркуш M-34-XVIII (Рава-Руська), M-34-XIII (Червоноград), M-34-XIX (Львів). К., 2004.

4. Герасімов Л. С. та ін. Державна геологічна карта України. Масштаб 1:200 000. Аркуш M-34-XXIII (Пшемисль), M-34-XXIV (Дрогобич). К., 2005.

5. Досин Г. Д. и др. Геологическая карта СССР. Масштаб 1:200 000. Лист M-34-XXX (Стрый), 1963. М., 1970.

6. Мончак Л., Анікеєв С. Відображення тектонічної будови Західного регіону України у гравімагнітних полях // Геодинаміка. 2017. № 2 (23). С. 104-118.

7. Павлюк М., Шлапінський В., та ін., Проблемні аспекти формування Українського сегменту Карпат // Геологія і геохімія горючих копалин. 2019. № 3 (180). С. 5-24.

8. Тектонічна карта України. Масштаб 1:1 000 000. Пояснювальна записка. Міністерство охорони навколишнього природного середовища України, Державна геологічна служба. Український державний геологорозвідувальний інститут. К.: УкрДГРІ, 2007: 132 с.

9. Третяк К. Р., Максимчук В. Ю., Кутас Р. І. (ред.). Сучасна геодинаміка та геофізичні поля Карпат і суміжних територій. Львів. 2015. 420 с.

УДК 550.8 (477.63)

НОВИЙ ЕТАП ОСВОЄННЯ ПОКЛАДІВ ВУГЛЕВОДНІВ У НИЗЬКОПРОНИКНИХ КОЛЕКТОРАХ – БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН ІЗ ГОРИЗОНТАЛЬНИМ ЗАКІНЧЕННЯМ З БАГАТОСТАДІЙНИМ ГРП

***Бутенко А.В.*[1]**, *andrii.butenko@ugv.com.ua*, ***Аксьонов В.В.*[2]**, *vadym.aksonov@ugv.com.ua*,
1 – АТ «Укргазвидобування», м. Харків, Україна;
2 – АТ «Укргазвидобування», м. Київ, Україна

Вперше в Україні з метою залучення в розробку видобувних запасів вуглеводнів в низькопроникних колекторах пробурено субгоризонтальну свердловину довжиною 1 км та виконано багатостадійний ГРП. Дана технологія відкриває нові перспективи для нарощування видобутку вуглеводнів в країні.

A NEW STAGE IN THE DEVELOPMENT OF HYDROCARBON DEPOSITS IN LOW-PERMEABILITY RESERVOIRS – DRILLING OF WELLS WITH HORIZONTAL ENDING WITH MULTI-STAGE FRACTURING

***Butenko A.*[1]**, *andrii.butenko@ugv.com.ua*, ***Aksonov V.*[2]**, *vadym.aksonov@ugv.com.ua*,
1 – JSC «Ukrgasvydobuvannia», Kharkiv, Ukraine;
2 – JSC «Ukrgasvydobuvannia», Kyiv, Ukraine

For the first time in Ukraine, a 1 km subhorizontal well was drilled and multi-stage hydraulic fracturing was performed to involve recoverable hydrocarbon reserves in low-permeability reservoirs in the development. This technology opens up new prospects for increasing hydrocarbon production in the country.

Перший промисловий приплив газу на родовищі було отримано у 1970 році при випробуванні горизонтів верхнього карбону.

Родовище введено в експлуатацію на поклади горизонтів верхнього карбону та нижньої пермі (І експлуатаційний об'єкт) тільки в IV кварталі 2003 р., незважаючи на доволі значну кількість пробурених свердловин, через те що колектори в основному низькопроникні.

В тектонічному відношенні структура розташована у приосьовій зоні південно-східної частини Дніпровсько-Донецької западини. Ця зона характеризується розвитком крупних валоподібних піднять, між якими знаходяться компенсаційні депресії. Крім того, для південно-східної частини западини характерно широке розповсюдження хемогенних відкладів нижньої пермі, девонських соляних штоків та локальне неспівпадіння структурних планів верхнього палеозою та мезозою.

Палеозойська антиклінальна складка знаходиться між двома соляними штоками. Простягання складки субширотне.

По структурному плану по реперному вапняку P_1, що відповідає підошві араукаритової світи верхнього відділу кам'яновугільної системи, розміри складки у продольному січінні між штоками 6,0 км, у поперечному між ізогіпсами -4400 м складає 2,9 км. Амплітуда підняття біля 500 м. Кути падіння шарів на крилах структури складають 15-30°. По мірі наближення до присклепінної частині складки відбувається поступове виположування шарів і кути падіння зменшуються до 5-15 (рис. 1).

Найбільшим по запасах вуглеводнів на родовищі є верхньокам'яновугільний горизонт, літологічно представлений пісковиком з прошарками алевроліта.

За результатами геофізичних досліджень загальна товщина газонасиченого колектору становить 5,4-28,8 м, ефективна газонасичена товщина 5,4-16,5 м, пористість 8,1-18,3 %, в основному – 8-13%, газонасиченість 51,0-84,0 %.

Незважаючи на відносно високі показники пористості, колектор є низькопроникним. Так, середня проникність за керном складає 0,2-0,5 мд, а за результатами DFIT (Diagnostic Fracture Injection Test) по свердловині X (G-function) - взагалі 0,06 мд.

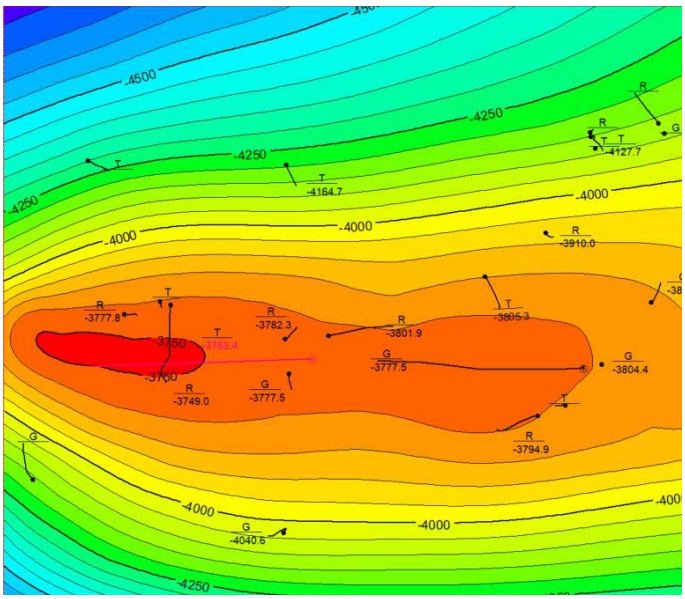


Рис. 1. Структурна карта покрівлі продуктивного горизонту

Підтвердженням цього факту є результати випробування, де без інтенсифікації тільки в одній з 9 свердловин вдалось отримати промисловий приплив газу, і то сумісно з іншими свердловинами.

ГРП в горизонті, який представляє інтерес, виконувався в 4 свердловинах як окремо, так і з іншими горизонтами, при цьому збільшення дебіту спостерігалось від 1¼ до майже у 20 разів від початкового.

Завдяки низької проникності інтерференція між свердловинами помірна і видобутки вуглеводнів по свердловинах відносно незначні. Цей факт спричинив підхід до оцінки запасів [1], де категорія C_1 (111+221) рахувалась в зоні дренованих запасів, а решта відносилась до категорії C_2 (122+222) (рис. 2).

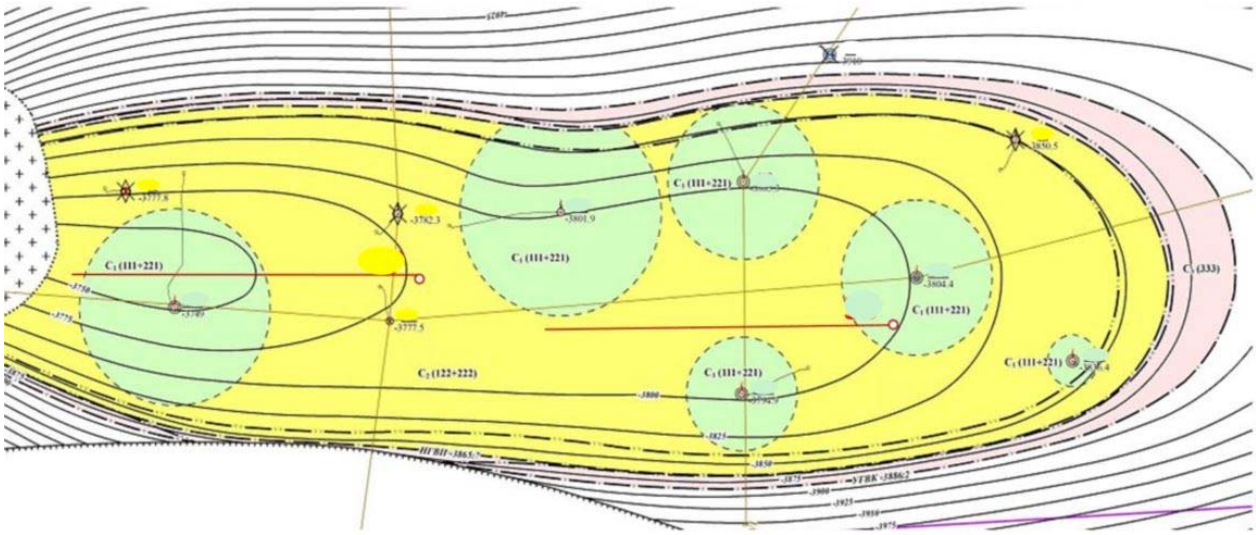


Рис. 2. Підрахунковий план продуктивного горизонта
(Геолого-економічна оцінка газоконденсатного родовища, 2021 р.)

Природньо, для освоєння залишкових запасів найбільш ефективним є буріння свердловини з субгоризонтальним закінчення з наступним проведенням багатостадійного ГРП.

Дизайн ГРП виконувався фахівцями компанії Халібартон; розрахунки прогнозних дебітів газу були виконані фахівцями компанії Халібартон та Укргазвидобування.

Розрахунки виконувались за трьома основними сценаріями – довжини субгоризонтального відгалуження складали 600 м, 800 м та 1000 м. Останній варіант

виявився набільш оптимальним. При більшій довжині спостерігається здорожчення проекту і збільшення технічних ризиків.

На відрізку субгоризонтальної частини свердловини 1000 м було заплановано 12 стадій ГРП за системою plug and perf (збільшення кількості стадій не дає суттєвого додаткового видобутку). За результатами буріння та випробування планується отримати значний додатковий видобуток газу.

Через відсутність 3Д сейсморозвідки, а також існуючу рідку сітку свердловин та 2Д профілів, було вирішено пробурити похило-спрямований пілотний стовбур з метою уточнення гіпсометричного положення горизонту в положенні, максимально наближеному до проектного горизонтального стовбуру.

Свердловину було пробурено до проектної глибини більш ніж як 5100 м, із частиною субгоризонтального стволу 1000 м, яка була обсаджена хвостовиком діаметром 114 мм.

За результатами буріння свердловини фахівцями компанії Baker Hughes було створено дві моделі пласта (рис. 3, 4).

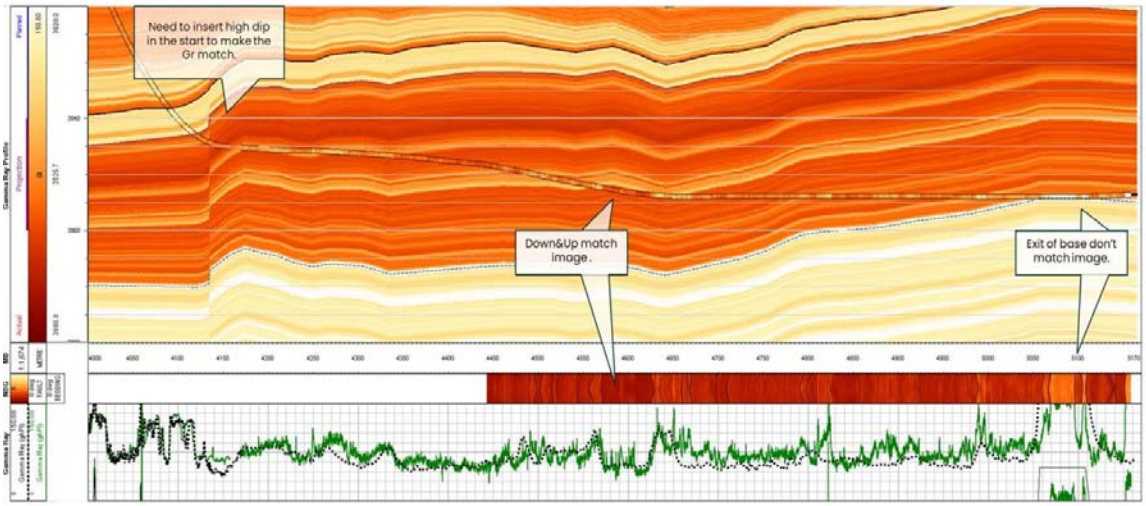


Рис. 3. Модель, основана тільки на кореляції GR (без тектонічних порушень), Baker Hughes

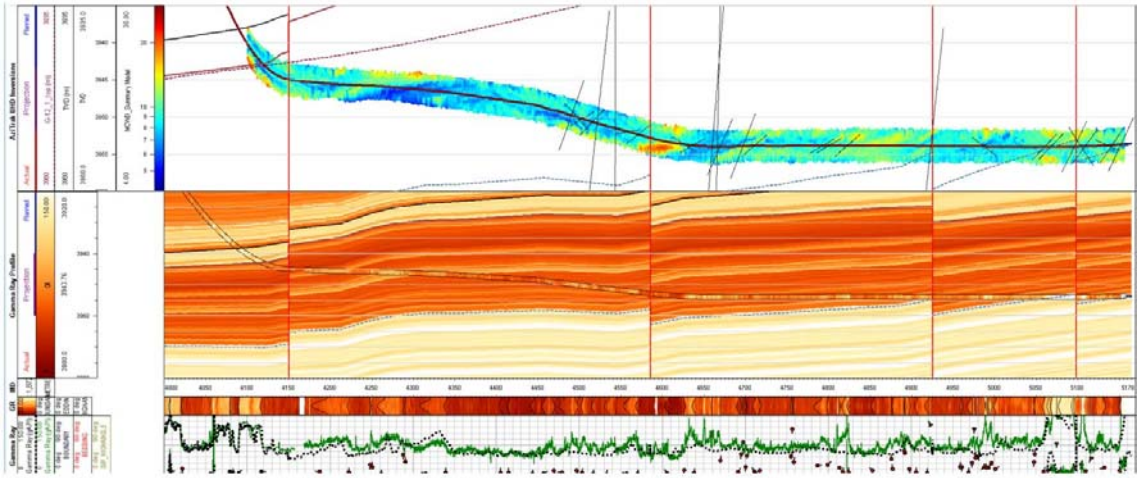


Рис. 4. Модель, основана на інтегрованій кореляції GR та AziTrak UHD інверсії (з малоамплітудними тектонічними порушеннями), Baker Hughes

На даний час в свердловині виконано три стадії ГРП.

Після успішного завершення робіт та введення свердловини в експлуатацію буде уточнено гідродинамічну модель покладу та внесено корективи в проектування наступної свердловини з субгоризонтальним закінченням. Досвід буріння таких свердловин на низькопроникні колектори дозволить застосувати аналогічні технології на інших родовищах, що буде сприяти нарощуванню видобутку вуглеводнів як в Компанії так і в країні вцілому.

UDC 550.8

QUANTITATIVE INTERPRETATION OF SEISMIC AND WELL-LOGGING DATA FOR PREDICTION OF HYDROCARBON RESERVOIRS IN THE WESTERN OIL AND GAS REGION OF UKRAINE

Krasnikova O. O.*[1]*, *PhD, olena.krasnikova@ugv.com.ua,*
Antoniuk V.V.*[2]*, *PhD, vitalii.antoniuk@ugv.com.ua,*
Kuzmenko P.M.[2]*, PhD, pavlo.kuzmenko@ugv.com.ua,*
1 – UkrNDIgas, Kharkiv, Ukraine,
2 – JSC UkrGasVydobuvannya, Kyiv, Ukraine

The paper presents a case study of the application of quantitative interpretation methods for the target area in the Western oil and gas region. The authors demonstrate the methodology for working with a thin-bedded sandy-clay section of the Neogene sediments, including deterministic petrophysical interpretation, rock physics modeling, AVO attribute analysis, deterministic inversion, and the creation of a lithological classification based on its results. The authors successfully applied the quantitative interpretation methods for Sarmatian deposits in the Western region for the first time. The presented work is also one of the first examples of its successful use for Carpathian deposits.

Introduction. Quantitative interpretation of seismic data is a set of interpretation techniques that allow obtaining results numerically related to the properties or behavior of the geological environment. It includes estimates of reservoir porosity, reservoir capacity, fluid content, lithology, pore pressure, effective stress, etc.).

Quantitative interpretation techniques have been used in Ukraine for about 20 years, but until recent time their use was limited to the Eastern and Southern regions. On the other hand, the western part of Ukraine (Carpathian region) was the only one that was not covered by QI (quantitative interpretation) studies until 2023. Complex geological structures combined with thin-layered reservoirs of a significant part of the region made this region the lowest priority for the implementation of QI. However, since 2022, the need for energy independence and the dangers of exploration near the front line have increased the importance of studies in the western part of Ukraine. 3D wide-azimuth seismic survey covering large areas, additional API (American Petroleum Institute) standard well logs (most important logs: cross-dipole logs, litho-density logs, etc.) and amplitude-preserving seismic data processing methods have allowed not only structural but also quantitative seismic interpretation. Since the first successful elastic inversion project in 2024, three other projects are in the process of being implemented, and this has now been confirmed by successful drilling in this region.

This paper presents a case study of using QI with the data of modern 3D seismic surveys.

In the studied region, presence of gas is associated with the deposits of the Carpathian and Sarmatian stages of the Neogene. The reservoir rocks of the Carpathian stage are represented by sandstones with a thickness of 2.5-15 m and an open porosity of 14-20%. These intervals are located between the gypsum-anhydrite and clay rocks, as well as the carbonates, or the compacted sandstone layers.

The section of the Sarmatian stage is represented mainly by clay rocks, and the reservoir rocks are both thick sandstone layers and interbedding of clayey-sandy intervals. The description of the core material demonstrates that the productive intervals are composed mainly of argillite with a thickness of 0.5-2 m and layers of 0.2-0.4 m of sandstone. Fine-grained sandstones with clay-carbonate cement and open porosity within 10-20%.

The **purpose** of this work is to predict the lithology of rocks, as well as their reservoir properties within the Western oil and gas region of Ukraine based on the results of rock physics modeling and quantitative seismic interpretation.

Methodology. In order to characterize the rocks of the section, a deterministic petrophysical interpretation was performed. For this purpose, a full range of logging data (including modern methods of cross-dipole acoustics and nuclear magnetic logging), the results of core studies and well testing were used. The vertical resolution of logging methods does not allow to fully distinguish sandstone layers inherent in the study region in the thickness of clayey

rocks, therefore, the petrophysical interpretation is deterministic and included the analysis of all available data. In the absence of data on bulk density and shear wave velocity, they were modeled using rock physics approaches (Mavko, Mukerji, & Dvorkin, 2020; Krasnikova, Antoniuk& Kuzmenko, 2025).

3D seismic data processing was performed in the mode of controlling the amplitudes of the seismic signal. The results of the analysis of 6 wells were used for the seismic inversion process and AVO analysis. The input seismic data included angle PSDM (Post Stack Depth Migration) stacks after FWI (full-waveform inversion). This technology was first included in the workflow in the Western region of Ukraine. Based on the angular sums, AVO attributes were created, allowing conclusions to be drawn about the distribution of sandstones. In addition, the use of spectral decomposition to determine the network of faults and prospective areas proved to be effective for this area.

At the next stage of the work, deterministic inversion was performed. Based on the obtained AI (acoustic impedance), Vp/Vs cubes, and rock physics analysis data, a Bayesian classification was performed and a map of the distribution of probabilities of Carpathian sandstones, promising as reservoirs, was created. Blind well test (BWT) with the distribution of productive wells that were not included in the calculation sample was performed to assess the results.

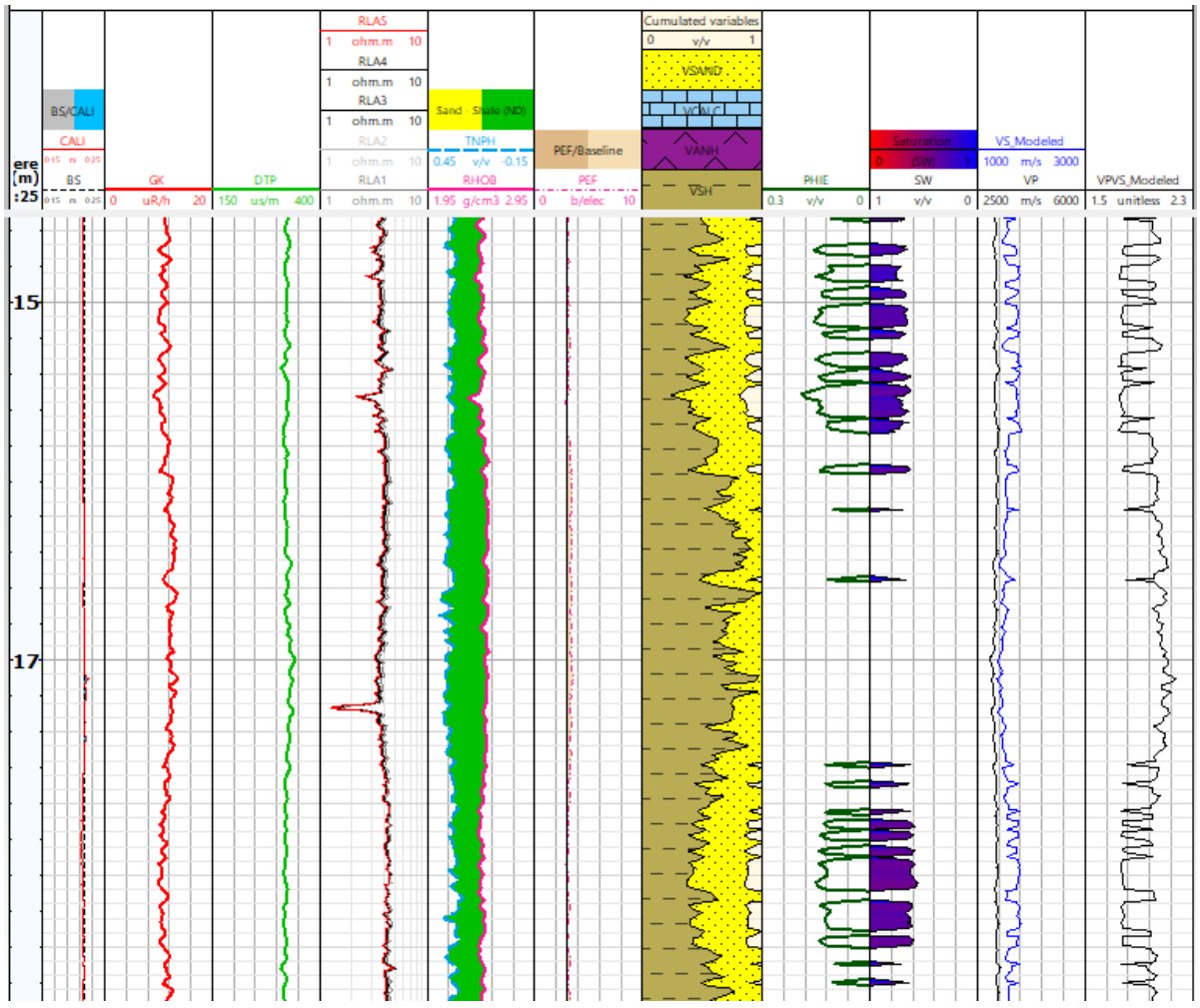


Fig. 1. A log section displaying the input log data and petrophysical interpretation results for a thin-layered clay-sandstone interval of reservoir rocks

Results. The authors conducted petrophysical interpretation of about 10 wells, in this work we will focus on the characteristics of the deposits of the Sarmatian stage of the Neogene. As a result of the conducted petrophysical interpretation, the lithology, component composition of the rocks, porosity and saturation were determined. Fig. 1 presents, as an example, a log panel with

input logging data and the results of petrophysical interpretation for one of the wells of the studied region. Two productive thin-layered intervals of sandy-clay rocks with a total thickness of 10 and 17 m, porosity of 12-15% and gas saturation of 40-60% were identified.

The authors used petrophysical interpretation to model rock physics, namely, fluid substitution using the Gassman method and predicting Vs using the Vp-Vs relationship for each lithotype. Rock physics modeling was also performed in wells with cross-dipole logging records, because in a thin-layered section, the resolution of the methods does not fully characterize the physical properties of the layers. Fig. 2 shows a rock physics template for one of the wells in the Sarmatian interval. Gas-saturated zones are clearly distinguished within the thin-layered section. These intervals have the following parameters: AI – 7000-8000 g.m/cm3.s; Vp/Vs – 1.73-1.82. The water-saturated sandstone interval has the parameters: AI – 6250-8150 g.m/cm3.s; Vp/Vs – 1.82-2. After modeling the rocks physics, it is possible to divide lithotypes into groups based on elastic properties (Vp/Vs), while according to acoustic properties (AI), lithotypes are weakly contrasting and have close values.

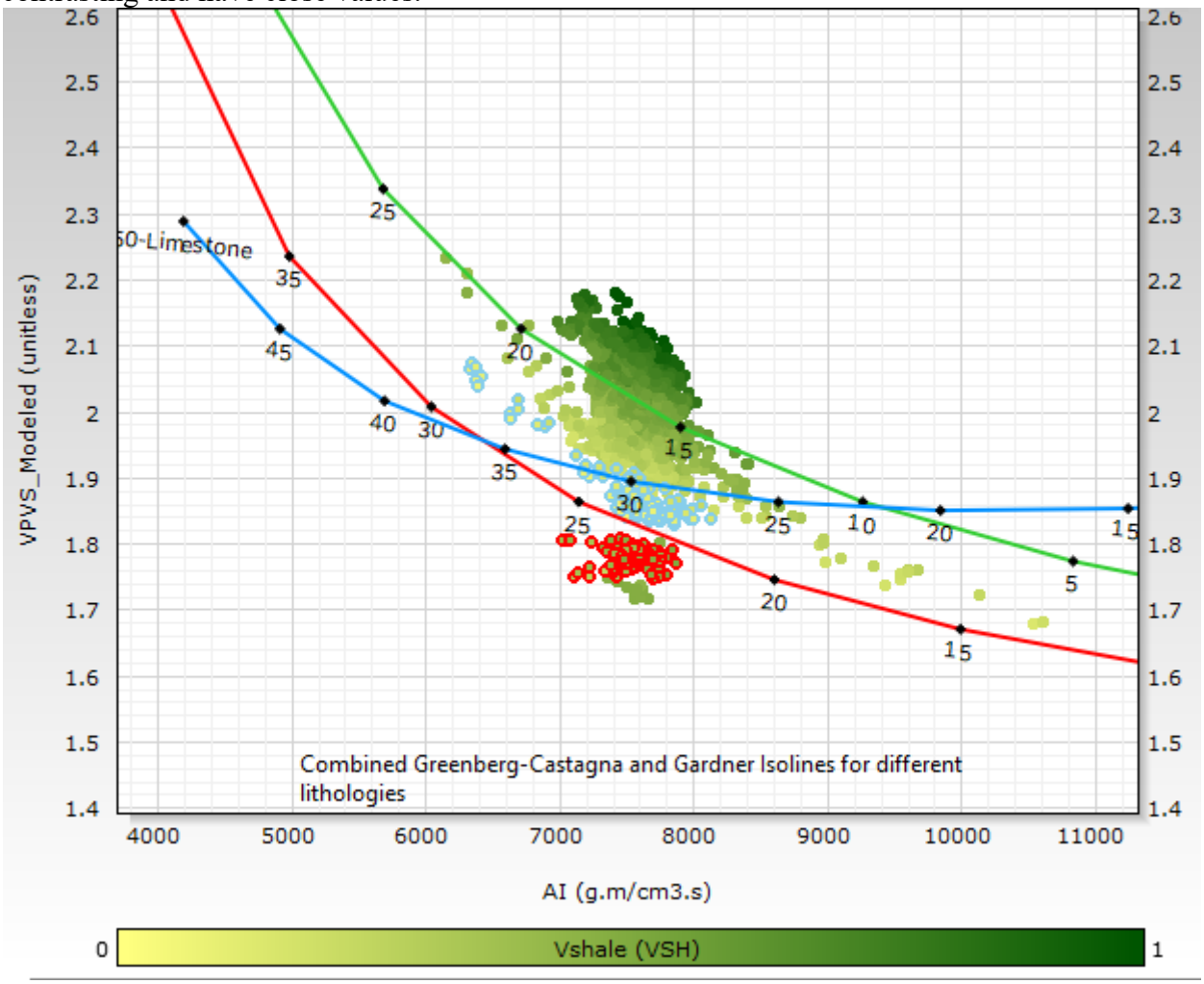


Fig. 2. Rock physics template for shaly-sand zone

The authors analyzed AVO attributes (fluid-factor, gas indicator, intercept*gradient, sign(intercept)*gradient, etc.) and determined the presence of type I and type II errors for productive wells in the area. For Neogene deposits, the most stable are sign(intercept)*gradient and fluid-factor, however, the latter has a higher percentage of type II errors associated with water-saturated layers.

The results of seismic inversion were analyzed for Sarmatian and Carpathian deposits separately.

For thin-layered reservoir layers of the Sarmatian, a weak contrast of AI in comparison with the surrounding clay rocks is characteristic, while the Vp/Vs indicator is quite contrasting.

Thus, the optimal strategy for analyzing these layers is to integrate inversion data and AVO analysis.

The Carpathian sandstone deposits demonstrate the classic behavior of reservoir layers with sufficient contrast of properties compared to the adjacent carbonate plate. Thanks to this, the distribution of prospective sandstones was obtained using Bayesian classification (Fig. 3). To evaluate the results, the authors used BWT (blind well test), which is a process of comparing the classification results with a set of wells that was not involved in the process of creating 3D inversion cubes. According to its results, the model of the distribution of promising sandstones demonstrated high reliability. At the same time, productive wells with porosity coefficients below 9% did not fall into the zones of productive sandstones, which is explained by the higher values of elastic parameters typical for them and is a limitation of the model.

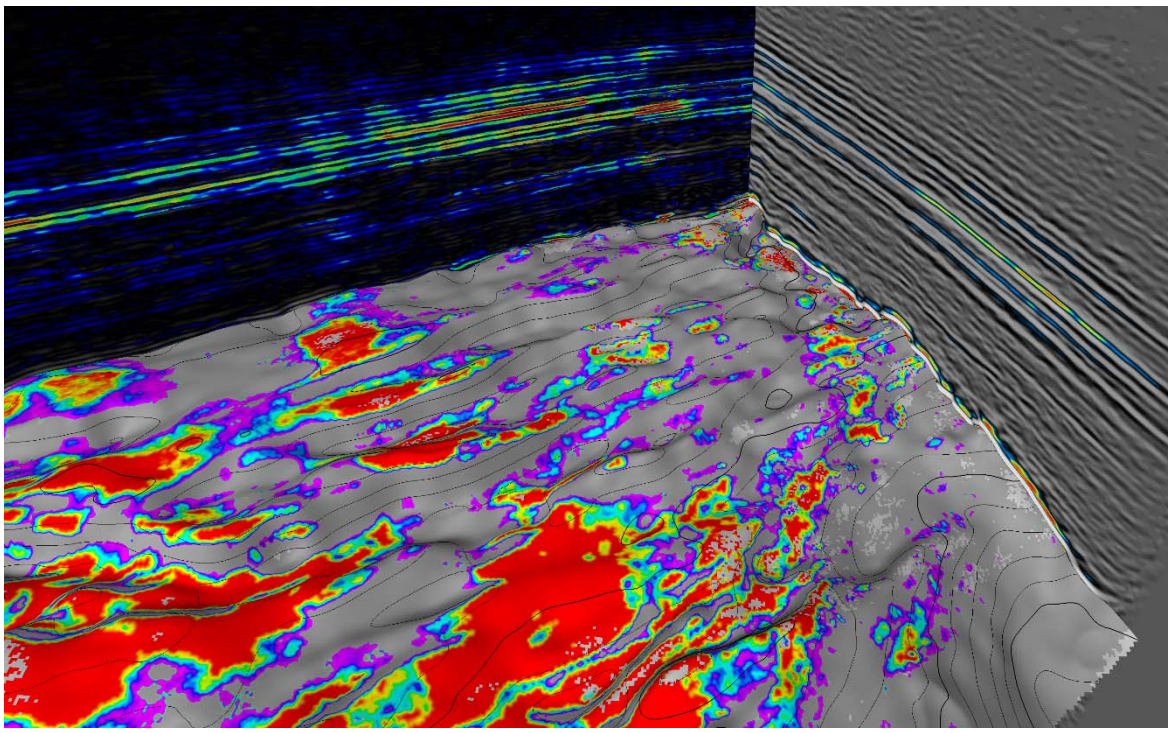


Fig. 3. QI results-fluid factor and sign(intercept)*gradient AVO-attributes and prospective sandstone distribution

Novelty. This work demonstrates one of the first results of quantitative seismic interpretation in the Western oil and gas region of Ukraine for Neogene deposits. The reservoir properties of thin-layered sand-clay reservoir rocks were quantitatively characterized and rock physics was modeled, which in turn made it possible to successfully apply QI methods for the first time in order to identify prospective areas for Sarmatian deposits. It is also the second successful case of the authors using QI for Carpathian deposits.

Conclusions. In this work, the authors demonstrated the approach and results of rock physics modeling and performing quantitative seismic interpretation in the Western oil and gas region. Despite the fact that modern technological means are not entirely suitable to identify a thin-layered section, a deterministic petrophysical interpretation has been carried out of the thin-layered sand-clay section of reservoir rocks, which takes into account all available geological, geophysical and industrial data. This made it possible to isolate intervals with reservoir properties and conduct rock physics modeling. As a result, using elastic properties, different lithotypes of rocks were separated and gas-saturated intervals were selected. The authors used AVO-analysis and seismic inversion methods to characterize the spatial distribution of prospective reservoir sandstones for Sarmatian and Carpathian deposits. A limitation of the created model of distribution of promising sandstones is porosity indicators below 9%.

References:

1. Krasnikova, O., Antoniuk, V., & Kuzmenko, P. (2025, April). Rock Physics and Seismic Data Quantitative Interpretation at Western-Ukrainian Oil&Gas Region–a Case Study. In 18th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment (Vol. 2025, No. 1, pp. 1-5). European Association of Geoscientists & Engineers.

2. Mavko, G., Mukerji, T., & Dvorkin, J. (2020). The rock physics handbook. Cambridge university press. 10.1017/9781108333016.

3. Aki, K., & Richards, P. G. (2002). Quantitative seismology.

УДК 553.98(477.8)

ВОДОРОРОЗЧИНЕНІ ТА ВІЛЬНІ ГАЗИ ВНУТРІШНЬОЇ ЗОНИ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ

Колодій І.В., *к. геол. н., ivannakolodiy@gmail.com;*
Гарасимчук В.Ю., *к. геол. н., v_harasymchuk@ukr.net,*
Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна

Встановлено диференціацію складу водорозчинених газів для різних стратиграфічних комплексів (продуктивних горизонтів). Сухі гази поширені в олігоцен-міоценових (менілітових) відкладах на глибинах 2600–3600 м, гази середньої сухості – у неогенових, олігоценових, еоценових відкладах (1200–4900 м). Жирні гази поширені у верхньокрейдових, палеоценових, еоценових та олігоцен-міоценових (менілітових) продуктивних комплексах. Водорозчинені гази нафтових родовищ класифікуються як жирні (C1/C2+ від 1 до 14). Склад вільних газів газових родовищ подібний до водорозчинених, та класифікується як жирний, з C1/C2+ 11–20. Коефіцієнт сухості вільних газів у газових шапках нафтових родовищ C1/C2+ становить 7–11. Газогідрогеохімічними ознаками наявності родовища вуглеводнів є збільшення пружності водорозчинних газів та збільшення відносної частки гомологів метану у складі газу при наближенні до родовища. Виявлено зниження коефіцієнта пружності водорозчинних газів з 0,5 до 0,26 у напрямку від склепіння до перикліналі Танявської складки. Дефіцит пружності водорозчинних газів нижче контакту вода-нафта становить від 50 до 74%, що свідчить про розсіювання газів з родовища.

WATER DISSOLVED AND FREE GASES IN INNER ZONE OF CARPATHIAN FOREDEEP

Kolodiy I.V., *Cand. Sci. (Geol.), ivannakolodiy@gmail.com,*
Harasymchuk V.Yu, *Cand. Sci. (Geol.), v_harasymchuk@ukr.net,*
Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine

The differentiation of water-dissolved gases composition for different stratigraphic (productive) complexes has been established. Dry gases are common in Oligocene–Miocene (Menilite) deposits at depths of 2600–3600 m, gases of medium dryness – in Neogene, Oligocene, Eocene deposits (1200–4900 m). Fatty gases are common in Upper Cretaceous, Paleocene, Eocene and Oligocene–Miocene (Menilite) productive complexes. Water-dissolved gases of oil fields are classified as fatty (C_1/C_{2+} are from 1 to 14). Free gases composition of gas fields is similar to water-dissolved one and are classified as fatty, with C_1/C_{2+} 11–20. The dryness coefficient of free gases in gas caps of oil fields C_1/C_2+ are 7–11. The gas-hydrogeochemical signs of a hydrocarbon fields presence are increasing of water-dissolved gases elasticity and increasing of the relative proportion of methane homologues in gas composition when approaching the field. A decreasing of the elasticity coefficient of water-dissolved gases from 0.5 to 0.26 in direction from arch to periclinal of Tanyavska fold is detected. The elasticity deficit of water-dissolved gases below the water-oil contact is from 50 to 74%, which indicates the dispersion of gases from field.

Вступ. В міру вивчення глибоких надр у різних за геологічною будовою регіонах вияснилось, що наявність в надрах високомінералізованих вод (солянок) є глобальним явищем, не залежним від наявності чи відсутності нафтових чи газових покладів. На даний час для оцінки перспектив нафтогазоносності запропоновано багато різних гідрогеохімічних показників, проте найбільш універсальними для локального прогнозування є газогідрогеохімічні ознаки за вуглеводневим складом водорозчинених газів і тиском насичення, або відношенням газонасиченості до глибини залягання. За складом вуглеводневої частини водорозчинених газів (по співвідношенню метану до його гомологів) можна судити про якісний склад покладу – газовий, газоконденсатний чи нафтовий.

Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення. Газогідрогеохімічний напрям у нафтогазопошуковій гідрогеології розвивався у працях В.В. Колодія, І.М. Ліхоманової, А.С. Тердовидова, Л.П. Швая, Є.М. Ярош, В.Ю. Гарасимчука, І.В. Колодій та ін. Головним чином у Карпатській нафтогазоносній провінції проаналізовані газогідрогеохімічні особливості вуглеводневих покладів Зовнішньої зони Передкарпатського прогину. Спорадично хімічний склад вільних і водорозчинених газів вивчений в межах окремих родовищ Внутрішньої зони прогину [1–4], що дало підстави переглянути наявний матеріал з метою використання газогідрогеохімічних ознак на інших ділянках досліджуваного регіону при пошуках вуглеводневих скупчень.

Фактичний матеріал та методологія досліджень. Фактичним матеріалом слугували дані з вільних, водорозчинених і супутніх газів нафтових покладів, одержаних на розвідкових площах і родовищах за допомогою глибинних пробовідбірників, манометрів і термометрів. Методи дослідження базуються на розрахунку та інтерпретації таких параметрів як: абсолютна і відносна (приведена до глибини) газонасиченість, склад водорозчинених (ВРГ) і вільних газів (ВГ), тиск насичення, коефіцієнт сухості (Кс – C_1/C_{2+}).

Отримані результати. У Внутрішній зоні Передкарпатського прогину переважно присутні нафтові родовища, що знайшло відображення і в складі ВРГ. Тут поширені головним чином метанові і вуглеводнево-метанові, азотно-метанові, вуглекисло-метанові гази. У крейдово-палеогенових відкладах в складі ВГ і ВРГ домінують метан, діоксид вуглецю і азот. В різних кількостях присутні важкі вуглеводні (ВВ), гелій, аргон, водень та ін. В палеоценових і еоценових відкладах вміст метану становить 72–97 об.%, ВВ – 11–13 об.%. Вмісти азоту і діоксиду вуглецю, загалом становлять до 1 об.%, але в деяких випадках – 10–22 об.% і більше (Луквинське газонафтове родовище (ГНР), Розсільнянське нафтогазоконденсатне (НГКР), Космацьке газоконденсатне (ГКР). У менілітових відкладах на глибинах понад 4000 м існують гази, у складі яких метану 55–75, ВВ 5–17, азоту 0,25–7, діоксиду вуглецю 19–27 об.%. Підвищений вміст CO_2 до 37,4 об.% встановлений і на менших глибинах (Спаська-12; глибина 2327 м.). Високий вміст CO_2 характерний і для розчинених газів в нафтах Стинавського, Північностинавського і Танявського родовищ. Ізотопний склад вуглецю метану цих газів $\delta^{13}C$ складає 45,8–46,4 %, CO_2 15–17,8 % [2]. Вуглець метану є ізотопно важким. Високі вмісти CO_2 пов'язують з глибокими зонами земної кори, де вони генеруються у високотемпературних умовах і в подальшому мігрують зонами розломів у поверхневі горизонти. Частина є продуктом метаморфізму карбонатів, глибокого перетворення пісковиків у кварцити. Саме так, на нашу думку, можна пояснити його високі концентрації, з огляду на приуроченість Танявського, Стинавського та інших родовищ до найбільш зануреної частини прогину, прилеглої до Стрийського розлому.

Встановлено, що Кс ВРГ змінюється від менше 1 до понад 300. Диференціація складу ВРГ наступна: сухі гази (Кс >300) розповсюджені в олігоцен–міоценових відкладах на глибинах 2600–3600 м, середньої сухості (Кс – 300–50) – в міоценових, олігоценових, еоценових відкладах (1200–4900 м). Жирні гази (Кс <50) поширені в верхньокрейдовому, палеценовому, еоценовому, олігоценовому і міоценовому продуктивних комплексах. Сухі гази характеризуються високим вмістом азоту. Трапляються гази, де його вміст переважає вміст в повітрі, або близький до повітряного, що свідчить про його біогенне походження (розпад азотовмісних сполук). Гази газоконденсатних і нафтових покладів відносяться до жирних. Високий вміст ВВ встановлений в ВРГ неогенових відкладів на площах Орів, Улично (Кс – 6–14), в палеоцен-еоценових відкладів площ Луква, Струтинь, Розсільна, Орів, Витвиця. Води, які надходили разом нафтовою емульсією (площі Орів, Гвізд) містили розчинені гази з Кс менше 1,0 [5]. З віддаленістю від контуру нафтогазоносності тиск насичення газів зменшується по відношенню до пластового, а Кс ВРГ зростає і дещо перевищує 50. Для складу ВРГ продуктивних менілітових відкладів характерні високі вмісти ВВ і підвищений середній вміст азоту. ВРГ палеоцен-еоценових відкладів відрізняється від ВРГ менілітових вищим вмістом ВВ та CO_2. ВГ газових покладів за складом практично не відрізняються від ВРГ і відносяться до жирних, з Кс – 11–20. ВГ газових шапок нафтових покладів Північнодолинського і Луквинського з Кс – 7–11.

Левова частка ВРГ належить до метанового типу з Кс менше 50, але не тому, що ці гази переважають абсолютно, а внаслідок того, що опробування проводилося, переважно, на антиклінальних підняттях, а там їх найбільше. Азотні-метанові гази насичують підземні води по периферії покладів та на ділянках, де вони відсутні. В пластових водах продуктивних об'єктів амоній і азот мають обернений характер розподілу. З віддаленням від приконтурної зони покладу вміст NH_4 в водах зменшується, тоді як частка азоту в водорозчинених газах збільшується. Газонасиченість пластових вод, на відміну від

їхнього хімічного складу, вивчена фрагментарно на Танявському, Північнодолинському, Битків-Бабчинському, Пнівському, Витвицькому, Гвіздецькому, Спаському родовищах (табл.1).

Таблиця 1. Газонасиченість підземних вод Внутрішньої зони Передкарпатського прогину

Родовище, (площа) № св.	Стратиграфічний вік пласта	Середня глибина, Н, м	Газонасиченість, Г $м^3/м^3$	Відносна газо-насиченість, $Г \cdot 10^6/Н$
Танявське НГКР	~~P_3~~ml_1	3995	1,3	325,4
Танявське НГКР	~~P_3~~ml_1	4027	1,2	298
Танявське НГКР	~~P_2~~vg	4258	1,98	465
Танявське НГКР	~~P_2~~mv	4259	1,8	423
Танявське НГКР	~~P_3~~ml	4171	2,8	671
Танявське НГКР	~~P_3~~ml	4246	6,95	1637
Танявське НГКР	~~P_3~~ml	4237	5,26	1241
Північнодолинське НГКР	~~P_3~~ml_2	2529	1,26	498
Північнодолинське НГКР	~~P_2~~vg	2816	3,4	1088
Північнодолинське НГКР	~~P_2~~vg	2855	1,8	736
Північнодолинське НГКР	~~P_3~~ml_1	3885	3,3	849
Витвицьке НР	~~P_3~~ml	3675	1,05	286
Витвиця-73	~~P_3~~ml_2	3960	2,34	591
Витвиця-73	~~P_2~~vg	4244	0,8	188,5
Витвиця-66	K_2st	2510	1,05	418,3
Витвиця-66	K_2st	2548	1,07	420
Витвиця-66	K_2st	2922	3,64	1245
Спас-16	K_2st	2748	1,35	491
Спаське НР	~~P_1~~jm	2424	0,87	358
Спаське НР	~~P_3~~ml	2354	2	850
Гвіздецьке НР	~~P_3~~ml	2114	1,53	724
Гвіздецьке НР	~~P_3~~ml	2167	0,96	443
Гвіздецьке НР	~~P_3~~ml	2285	1,4	612,7
Гвіздецьке НР	~~P_3~~ml	2043	1,85	905,5
Битків-Бабченське НГКР	~~P_3~~ml	1601	1	624,6
Пнівське НР	~~P_3~~ml	1928	0,81	420
Пнівське НР	~~P_3~~ml	1951	0,98	502
Пнівське НР	~~P_3~~ml	1998	0,97	485
Спас-4*	~~P_3~~	1858	1,2	646
Пн. Долина-32*	~~P_3~~	3130	1,4	447
Струтинь-22*	~~P_2~~	2082	4,5	2161
Струтинь-3*	~~P_3~~	2975	1,95	987
Ольхівка-4*	~~P_3~~	2610	1,9	728
Битків-473*	~~P_3~~	1808	0,56	310
Битків-472*	~~P_2~~	2360	1,37	580
Слобода-Рунгурська-3*	K_2	3195	1,3	407
Старуня-75*	~~P_3~~	2043	1,85	906
Північнодолинське НГКР	~~P_2~~bs	4179	2,1	503

* з використанням матеріалів [3].

Газогідрогеохімічними дослідженнями встановлено, що абсолютна газонасиченість вод олігоценових (менілітових) відкладів становить від 0,48 до 6,9 $м^3/м^3$; еоценових – від 0,8 до 3,4 $м^3/м^3$; палеоценових – 0,87 $м^3/м^3$; верхньокрейдових – 1,05–3,64 $м^3/м^3$. Абсолютна газонасиченість вод менілітових і верхньокрейдових відкладів з глибиною зростає, хоча на глибинах понад 3500 м пластові води характеризуються різним ступенем газонасиченості. Найбільша відносна газонасиченість пластових вод олігоценових відкладів на глибинах понад 4000 м встановлена на Танявському нафтогазоконденсатному (НГК), еоценових відкладів – Струтинському газонафтовому (ГН), Північнодолинському (НГК) родовищах. Звертає увагу висока відносна газонасиченістть верхньокрейдових відкладів на Витвицькому нафтовому родовищі (НР). Максимальна відносна газонасиченість вод (за якої газ виділяється у вільну фазу) встановлена на Струтинському ГНР, а у верхньокрейдових відкладах Витвицького родовища вона свідчить про наявність газового скупчення.

Даних стосовно визначень пружності водорозчинених газів небагато. В межах продуктивних площ вона складає від 0,4 до 1,0 (Слобода-Рунгурська-3), а іноді перевищує 1,0 (Битків-472, Пнів-1). В межах непродуктивних структур пружність ВРГ змінюється від 0,01 до 0,3 [3].

Незважаючи на високу газонасиченість вод, розрахована пружність водорозчинених газів, відібраних нижче ВНК Танявського покладу становила від 0,5 до 0,26. Дефіцит пружності відповідно складає від 50 до 74%, збільшується в напрямку від склепіння до перикліналі складки, що свідчить про розсіювання газів з покладу. Відношення Рг/Рпл ≥0,4–1,0 і відносну газонасиченість $Г \cdot 10^6/Н$ (1200–2000), за умови високої частки важких вуглеводнів, можна використовувати як пошуковий критерій.

Висновки. Встановлена диференціація складу водорозчинених газів від сухих, розповсюджених в олігоцен–міоценових відкладах на глибинах 2600-3600 м, середньої сухості – в міоценових, олігоценових, еоценових відкладах (1200-4900 м). Жирні гази (Кс < 50) поширені в верхньокрейдовому, палеоценовому, еоценовому і олігоцен-міоценовому продуктивних комплексах.

Водорозчинені гази нафтових покладів відносяться до жирних (Кс від близько 1 до 14). Вільні гази газових покладів за складом практично не відрізняються від ВРГ і відносяться до жирних з Кс – 11–20. Коефіцієнт сухості ВГ газових шапок нафтових покладів Кс – 7–11. Вміст ВВ в ореолах розсіювання нафтових покладів складає 10–30 % об. і більше, а чисто газових 9–4 % об.

Газогідрогеохімічними ознаками наявності вуглеводневого покладу є зростання пружності водорозчинених газів при наближенні до покладу та збільшення у складі газів відносної частки гомологів метану. Встановлено зменшення коефіцієнта пружності ВРГ від 0,5 до 0,26 в напрямку від склепіння до перикліналі Танявської складки. Дефіцит пружності розчинених газів (500 м нижче ВНК) складає від 50 до 74%.

Список використаних джерел:

1. Карпатська нафтогазоносна провінція (2004). Колодій В.В. (ред). Львів–Київ. ТОВ “Український видавничий центр”. 390 с.
2. Колодий В.В. (1998). Вільні та водорозчинені гази Карпатської нафтогазоносної провінції. *Геологія і геохімія горючих копалин.* 1 (102). С. 53-63.
3. Бабинец А.Е., Мальская Р.В. (1975). Геохимия минерализованых вод Предкарпатья. К.: Наук. думка. 190 с.
4. В. Колодій, Г. Медвідь, М. Спринський, В. Гарасимчук, Р. Паньків, Н. Величко, М. Добущак (2007). Гідрогеологія нафтових і газових родовищ Карпатської нафтогазоносної провінції. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 1. С. 65-83.
5. В. Гарасимчук, Г. Медвідь, М. Спринський, О. Телегуз, І. Колодій (2025). Гідрогеологічні ознаки нафтоносності Гвіздецького нафтового родовища (Бориславсько-Покутський нафтогазоносний район). *Геологія і геохімія горючих копалин.* 1–2. С. 14-25.

УДК (553.9:551.1/.4):528.88](477)

ЗАСТОСУВАННЯ ДИСТАНЦІЙНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ПОШУКІВ ПОКЛАДІВ ВУГЛЕВОДНІВ У ГІРСЬКІЙ МІСЦЕВОСТІ

Азімов О.Т., *д. геол. н., с. н. с., azimov@casre.kiev.ua;*
ДУ «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України», Київ, Україна

По території Добромильсько-Стрільбицької ділянки, що у зоні зчленування Передкарпатського прогину та Зовнішніх Карпат, проведено структурне дешифрування даних дистанційних знімань. З урахуванням апріорних геолого-геофізичних матеріалів уточнено структурно-тектонічну будову ділянки, складено відповідну картосхему. На підставі аналізу комплексу даних виділено чотири локальні площі, сприятливі для пошуків потенційних пасток (покладів) вуглеводнів.

APPLICATION OF REMOTE SENSING METHODS FOR HYDROCARBON DEPOSIT PROSPECTING IN MOUNTAINOUS TERRAIN

Azimov O., *Dr. Sci. (Geol.), Senior Sci., azimov@casre.kiev.ua;*
Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth of IGS of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

A structural interpretation of remote sensing data was carried out for the territory of the Dobromylsko-Strilbytska site, which is in the junction zone of the Precarpathian trough and the Outer Carpathians. Taking into account a priori geological and geophysical materials, the structural and tectonic pattern of the site was revised, and a corresponding schematic map was constructed. Based on the analysis of the data set, four local areas were identified that are favourable for prospecting the potential hydrocarbon traps (accumulations).

Актуальність, мета й завдання дослідження. Гірськоскладчасті споруди в Україні розташовані на заході держави в регіоні Карпат та на її півдні у Криму. Перший з них охоплює Західний нафтогазоносний регіон. У його межах, на теренах Передкарпатського та Закарпатського прогинів і Зовнішніх Карпат відкрито значну кількість родовищ вуглеводнів (ВВ). Однак основні за запасами родовища, що перебувають в розробці на їх території, характеризуються значним виснаженням. З метою подальшого нарощування нафтогазового потенціалу регіону доцільно проводити пошук та розробку нових покладів на перспективних структурах, що просторово поширені між відомими родовищами, особливо якщо вони приналежні до однієї зони вуглеводневого накопичення. Пріоритетом також є відкриття та освоєння нових покладів на великих глибинах, зокрема, поблизу або ж безпосередньо на відомих родовищах, на яких вже давно експлуатуються продуктивні горизонти, що залягають гіпсометрично вище і є стратиграфічно молодшими [1 та ін.]. А це означає, що майбутні геологорозвідувальні роботи проводитимуться у відносно складніших гірничо-геологічних умовах.

Таким чином, за подібних умов для чіткого виявлення і картування нафтогазоперспективних об’єктів **актуальним** є застосування нових або вдосконалених традиційних геологопошукових технологій, які б базувалися на комплексі взаємодоповнюючих методів. На наш погляд, цей комплекс повинен містити й блок аерокосмогеологічних досліджень (АКГД), що у контексті зазначеного зарекомендували себе з найкращого боку [2 та ін.]. Отож, нами дистанційними методами досліджувалася Добромильсько-Стрільбицька ділянка (ДСД), розташована в зоні зчленування Передкарпатського прогину та Зовнішніх Карпат.

Основна **мета дослідження** полягає в демонстрації ефективності застосування даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), насамперед космічних знімків, для уточнення структурно-тектонічної будови території, переважна частина якої представлена гірською місцевістю, створенні відповідної картографічної моделі. Також на підставі аналізу побудованої моделі з урахуванням апріорних геолого-геофізичних матеріалів метою роботи є аргументація і виділення локальних площ у межах території дослідження, сприятливих для подальших пошуків потенційних пасток (покладів) ВВ.

Для досягнення поставленої мети послідовно вирішувалися такі **завдання дослідження**: оцінювання загальної ландшафтної структури території з використанням

даних ДЗЗ; аналіз інформативності компонентів ландшафту у відображенні її глибинної геологічної будови, відомої за апріорними матеріалами раніше проведених вишукувань; виконання комп'ютеризованого структурного дешифрування даних ДЗЗ і топографічних карт та інтерпретація отриманих результатів, спрямована на уточнення тектонічної будови території, виявлення в її межах зон геодинамічної активізації на сучасному етапі розвитку земної кори; створення картографічної моделі уточненої із застосуванням даних ДЗЗ структурно-тектонічної будови території; аргументоване виділення в її межах локальних площ, перспективних для пошуків нафтогазових пасток (покладів).

Характеристика території дослідження. Територія Добромильсько-Стрільбицької ділянки стосовно тектонічного районування приурочена до регіональної зони зчленування Передкарпатського прогину (у межах Бориславсько-Покутської зони (покриву)) та Зовнішніх Карпат. Саме до тектонічного елементу Скибової зони (покриву) Зовнішніх Карпат приналежна переважна частина ділянки, а в його межах (з південного заходу на північний схід) – до Сколівської, Орівської і, частково, Берегової скиб.

Матеріали, методи та технологія дослідження. У дослідженні використовувалися **матеріали** багатоспектрального космічного знімання, отримані радіолокаційними (наприклад, дані космічного знімання SRTM з апарата Shuttle) та оптичними системами знімання (зокрема, мультиспектральні знімки середнього просторового розрізнення із супутника Sentinel-2); топокарти масштабу 1:100 000; апріорні фондові й опубліковані джерела з інформацією стосовно особливостей геологічної будови території [3–6 та ін.]. Застосовано розвинені **технології** ДЗЗ та географічних інформаційних систем (ГІС). Так, відповідні просторово розподілені дані були прив'язані до базової системи координат UTM/WGS 84 та комп'ютерно інтегровані засобами ГІС.

Із **методів** застосовувалося комп'ютеризоване оброблення даних ДЗЗ із допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, а у процесі власне АКГД – контрастно-аналоговий, ландшафтно-індикаційний та загалом комплексний методи дешифрування матеріалів ДЗЗ і топокарт. Основну увагу було зосереджено на практичній реалізації методу структурного дешифрування та методу проблемно орієнтованої інтерпретації комплексу накопичених дистанційних і наземних даних. З допомогою ГІС методами картографічної візуалізації створено модель уточненої структурно-тектонічної будови території досліджень.

Результат проведеного дослідження. Фактичним результатом виконаного структурного дешифрування стала картографічно представлена система лінеаментів і дуготипів різних груп (порядків) (рис. 1), що виділені по території ДСД на генералізованих космічних знімках або даних ДЗЗ середнього просторового розрізнення та на різномасштабних топографічних матеріалах. Зведена схема **лінеаментного поля** відрізняється значною насиченістю у показі лінеаментів різного простягання, кількість яких є значною, хоча вони й нерівномірно поширюються по території. Це поле являє собою складну інтерференційну картину прояву і взаємодії структурно-геологічних об'єктів і пов'язаних із ними флюїдогеодинамічних процесів різних типів і різних рангів. Як наслідок, безпосередня ідентифікація по них розривних порушень, зон напружено-деформаційного стану, ступеня розкритості гірських порід ускладнена. Для адекватного вирішення цього завдання нами виконано систематизацію результатів структурного дешифрування.

Передусім безпосередньо аналізуючи загальну структуру лінеаментного поля, сформованого лінійними об'єктами, що виділені на генералізованих космічних знімках і середньомасштабних топокартах (тобто поля ***лінеаментів*** першої групи, зарахованими нами до ***рангу зональних***, або III порядку), встановлено певні закономірності їх просторової орієнтації. Виявлено три азимутальних системи цього рангу, до яких приналежні 8 лінеаментних зон. Переважно ці зони є діагональними і мають північно-західне, загалом згідне з простяганням Карпатського регіону орієнтування (три зони: 1.1,

1.2 та 1.3), або ж північно-східне, поперечне до нього (три зони: 2.1, 2.2 і 2.3) (рис. 1). Таким чином, разом у межах ДСД закартовано 6 діагональних зон лінеаментів III порядку.

З ортогональних зон лінеаментів зонального порядку в межах ділянки досліджень виявлено дві зони: 3.1 і 3.2. Вони мають субширотне простягання, виділяються на даних ДЗЗ менш чітко, ніж північно-західні, оскільки проявляються у компонентах ландшафту вираженням незначної кількості дешифрувальних ознак.

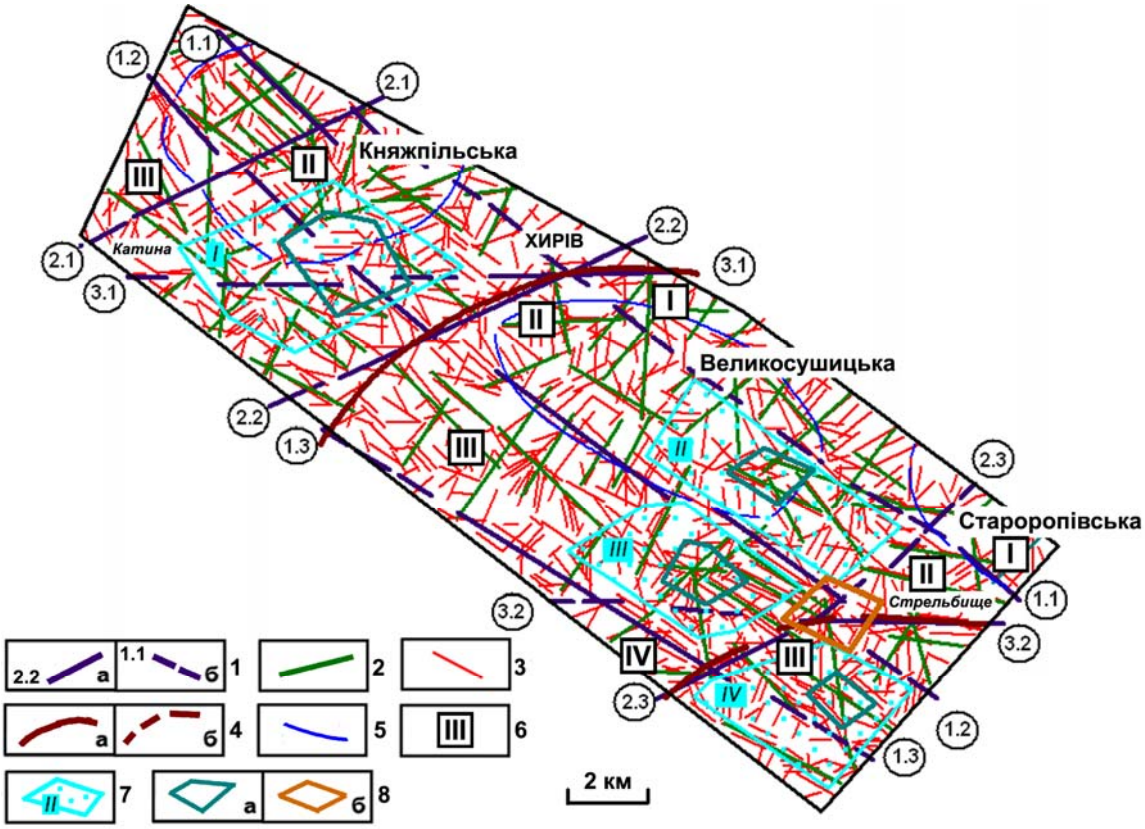


Рис. 1. Структурно-тектонічна картосхема, створена на підставі результатів структурного дешифрування даних ДЗЗ і топографічних матеріалів. 1–3 – лінеамети різного порядку: 1 – зональні (осьові лінії) та їхні номери, інтерпретовані як розривні порушення, що ускладнюють гірські утворення домезозойського віку та залягаючі вище породи осадової товщі: а) впевнено простежені, б) невпевнено простежені; 2 – локальні значні, що є проявами субвертикальних порушень неоднорідності верств мезозойсько-кайнозойського структурного комплексу; 3 – елементарні, що імовірно відображають зони розрядки напружено-деформаційного стану гірських порід в осадочному чохлі; 4, 5 – фрагменти (елементи) різнорангових морфоструктур: 4 – мегаморфоструктури, що імовірно пов'язана з підкоровим магматизмом: а) чітко виявлені, б) нечітко виявлені; 5 – контури мініморфоструктур (морфоаномалій з указаними назвами), які в ландшафті відображають розвинуті в мезозойсько-кайнозойських утвореннях підняття; 6 – поздовжні тектонічні блоки (зони) в утвореннях домезозойського віку (тектонічні сходини) (латинські цифри у квадратних рамках білого фону); 7 – морфоблоки, що відображають неотектонічно активні структури домезозойського та мезозойсько-кайнозойського комплексів осадочного чохла (латинські цифри на блакитному фоні); 8 – вузли перетину лінеаментних зон різного простягання і дуготипів: а) сприятливі для пошуків потенційних покладів ВВ, б) несприятливий для подальших пошуків нафтогазових покладів

Порівняння у плані трас зональних лінеаментів з результатами геотектонічних побудов регіону дало змогу адекватніше їх інтерпретувати в геологічному сенсі. Особливо це стосується дешифрованих поперечних лінійних об'єктів. Так, *лінеаментна зона 2.1* відповідає *Добромильському* (Стрв'язькому) *розлому*, що відзначений у монографії [5], а *зона лінеаментів 2.3* є супутньою до *Дністровсько-Монастирецького розлому,* трасуючись на незначній відстані північно-західніше від нього.

Щодо поздовжніх структур зазначимо, що *зона лінеаментів 1.1* північно-західного простягання з певним кутовим розходженням і перетином у плані імовірно відповідає *Стрільбицькій* розломній зоні у фундаменті. Поєднання розривних порушень з подібним просторовим орієнтуванням часто є закономірним і характерним для зсувних зон [7]. У південно-східній частині ДСД Стрільбицька диз'юнктивна зона, на думку авторів роботи [6], є межею визнаних й імовірних байкалід Лежайського масиву.

Спільно аналізуючи розломи з роботи [6] та траси осьових ліній виявлених за даними ДЗЗ зональних лінеаментів, відмічається добрий збіг відповідних структур північно-західного спрямування як за простяганням, так і у плані. Особливо це стосується насувів Скибової зони у межах Зовнішніх Карпат, де *зона лінеаментів 1.2* збігається з *насувом, що розмежовує Орівську і Сколівську скиби*. Останню від *скиби Парашки* відділяє *насув*, якому в центральній частині ДСД просторово відповідає *лінеаментна зона 1.3*.

Таким чином, лінеаменти зонального порядку інтерпретуються як проявлені на земній поверхні численними геоіндикаторами розривні порушення у відкладах домезозойського віку та залягаючих вище породах осадової товщі, зокрема, мезозойсько-кайнозойських утвореннях. Імовірно, що вони можуть ускладнювати поверхню докембрійського фундаменту на відповідних площах ДСД (рис. 1). Відтак, на нашу думку, лінеаментні структури зонального порядку північно-західного простягання відображають диз'юнктивні дислокації, що розмежовують поздовжньо витягнуті тектонічно зумовлені **морфоблоки *зонального*** масштабного ***рівня*** (або поздовжні тектонічні зони), виражені в домезозойських утвореннях і в поверхні докембрійської основи. Отож, ці блоки формують своєрідні **тектонічні сходини** (або **щаблі**), позначені нами як I, II, III і IV (у квадратних рамках), за якими може відбуватися східцеподібне занурення підошви і, відповідно, поверхні верств указаного віку з північного сходу, з території Передкарпатського прогину, на південний захід, у бік Зовнішніх Карпат.

Поле лінеаментів ***локального рангу*** (або IV, низького, порядку) складають лінійні об'єкти другої групи (рис. 1). Значні лінеаменти цієї групи інтерпретуються насамперед як субвертикальні порушення та неоднорідності в утвореннях мезозойсько-кайнозойського структурного комплексу. Проте вони можуть мати й глибші глибини проникнення або й глибше коріння закладання.

Поле ***елементарних*** лінеаментів (об'єктів третьої групи, позапорядкових) у межах ДСД дешифроване на даних ДЗЗ середнього просторового розрізнення та детальних топокартах. Воно відрізняється насиченістю у показі лінійних утворень різного простягання (рис. 1). Імовірно елементарні лінеаменти відображають зони розрядки напружено-деформаційного стану гірських порід у мезозойсько-кайнозойському структурному комплексі осадочного чохла, здебільшого уздовж розривних порушень, що у ландшафті виділяються як зональні лінеаменти. У такому разі елементарні лінеаменти окреслюють області аномального геодинамічного впливу диз'юнктивних утворень зонального рангу.

Комбінація дешифрованих різноспрямованих лінеаментів різних рангів окреслює в межах ДСД ***локальні*** **морфоблоки** земної поверхні. Аналіз параметрів компонентів довкілля за даними ДЗЗ вказує на їх відносну тектонічну активність на етапі рельєфо- та ландшафтотворення території. З метою аналізу перспектив нафтогазоносності площі робіт виокремлені ті морфоблоки, що імовірно ***відображають неотектонічно активні структури*** домезозойського та мезозойсько-кайнозойського комплексів осадочного чохла. Усього виділено 4 подібних морфоблоки, позначені як *I*, *II*, *III* і *IV* (курсивом) (рис. 1).

Порівняння планового розташування дешифрованих локальних морфоблоків і локальних брахіформних підняттів на "Тектонічній…" [6] підтверджує нашу інтерпретацію морфоблоків. Так, у межах *морфоблоку I* лежить майже увесь контур *Добромильського* локального брахіформного *підняття*.

Окреслені дуготипами **кільцеві структури** представлені фрагментом однієї мегаморфоструктури і трьома мініморфоструктурами (рис. 1). Цілком імовірно, що ***мезоморфоструктура*** відображає в ландшафті та на даних ДЗЗ пов'язане з підкоровим магматизмом глибокозанурене геотектонічне тіло і різноманітні фізико-хімічні, флюїдогеодинамічні та інші подібні процеси, з ним пов'язані.

Три кільцевих утворення (морфоаномалії) за своїм порядком віднесені до ***мініморфоструктур*** (рис. 1). Це більша частина *Княжпільської*, повний контур *Великосушицької* та незначна частина *Стародопівської* мініморфоструктур. Імовірно планово мініморфоструктури відображають в ландшафті наявні в гірських породах осадочного чохла локальні підняття, що приналежні до об'єктів четвертого (високого) порядку. Найперше ж ті геологічні локальні структури, що розвинуті в утвореннях мезозойсько-кайнозойського віку. На це вказує факт відображення практично повним контуром *Великосушицької морфоаномалії* північно-західної частини *Стрільбицького* локального брахіформного *підняття* (за матеріалами [6]), що становить половину його площі.

Зважаючи на характер спрямованості та відносної інтенсивності рухів у формуванні структури сучасного рельєфу поверхні Землі, використовуючи дані SRTM встановлено, що на ділянці досліджень Великосушицька і Стародопівська морфоаномалії приурочені до площ, що зазнають відносних підняттів на етапі рельєфоутворювального етапу тектогенезу. При цьому Стародопівській мініморфоструктурі притаманна помірна інтенсивність неотектонічних рухів, а Великосушицькій – помірно підвищена. Натомість для ділянки Княжпільської мініморфоструктури характерні, відповідно, низхідні рухи, або ж помірно висхідні порівняно з сусідніми, що активно здимаються. Зазначене важливо враховувати при оцінюванні перспектив нафтогазоносності відповідних ділянок. Адже перспективнішими щодо нафтогазоносності слід вважати позитивні локальні підняття, для яких притаманна помірно підвищена інтенсивність неотектонічних рухів, що виражена в деформаціях геоморфологічних рівнів.

Звертає на себе увагу наявність виділених на території ДСД 5 **вузлів перетину лінеаментних зон різного спрямування та дуготипів** (рис. 1), які виділені на підставі аналізу результатів структурного дешифрування. Сприятливими для пошуків потенційних пасток (імовірних покладів) ВВ райони вузлів різноспрямованих лінеаментів, які ми інтерпретуємо як диз'юнктивні структури, та дуготипів, як аномальних проявів у компонентах ландшафту відносно субвертикальних неоднорідних зон, можна вважати на підставі того, що вони є ділянками з інтенсивним розвитком геофлюїдодинамічних процесів у земній корі (зокрема, на новітньому етапі тектогенезу зважаючи на їхню геоіндикаційну вираженість).

Ці тектонічні вузли можуть являти собою потенційні канали, своєрідні "дренажні" зони субвертикальної проникності різноманітних флюїдів (зокрема, вуглеводневих), тепла, різночастотних сейсмоакустичних хвиль та інших видів енергії з глибоких горизонтів літосфери. Як зазначається у [8, 9], в умовах дії постійно існуючого поля пружних напружень і хвильових коливань вони можуть істотно впливати на процеси десорбції (?), міграції в колекторські горизонти і зони, процеси накопичення і локалізації нафти і газу під час формування їхніх покладів.

Таким чином, локальні об'єкти акумуляції вуглеводневої сировини слід шукати поблизу вузлів перетину диз'юнктивів, що рекомендуються нами, латеральні переміщення флюїдів від яких у залежності від характеру і потужності тектонічних напруг можуть відбуватися на відстані кількох кілометрів [8].

З урахуванням викладеного, з числа встановлених на території ДСД 5 вузлів перетину лінеаментних зон різного спрямування і дуготипів ***сприятливими для пошуків потенційних пасток (покладів) ВВ*** ми вважаємо 4, що повністю локалізуються в межах контурів дешифрованих морфоблоків, які є поздовжніми до простягання регіону загалом і відображають неотектонічно активні структури домезозойського та мезозойсько-

кайнозойського комплексів осадочного чохла (рис. 1). *Сприятливішими* вважаються *три вузли*, що дислокуються *в межах* контурів неотектонічно активних *морфоблоків II*, *III* і *IV*. Райони цих вузлів можна прогнозувати як своєрідні *sweet spots* для утворення покладів нафти та газу. Тому вони заслуговують на увагу в процесі планування подальших пошуковорозвідувальних робіт на ВВ.

З огляду на те, що вузол, локалізований у морфоблоці *II*, також повністю планово лежить в південно-східній частині Великосушицької морфоаномалії – поряд із трьома означеними сприятливими він, на нашу думку, є *найсприятливішим* для подальшого вивчення з метою оцінки його нафтогазоносності й рекомендується як відповідний першочерговий об'єкт.

Натомість один із вузлів перетину різноорієнтованих зон лінеаментів та елементів кільцевої структури, віднесеної до рангу мегаморфоструктури, вважається ***несприятливим для подальших пошуків нафтогазових покладів***. Він розташований у південно-східній частині ДСД (рис. 1), біля західної околиці с. Стрельбище в районі впадання р. Левурда з півночі та безіменної малої річки з півдня в р. Яблонка з позначкою на гідропосту 393,5 м. Негативний висновок зроблено з тих міркувань, що вузол створений трьома надто інтенсивно проявленими лінеаментами зонального масштабного рівня, які мають абсолютно відмінні спрямування: поперечною до простягання регіону зоною 2.3 північно-східної орієнтації, поздовжньою зоною 1.2 північно-західного напрямку і субширотно зоною 3.2. Крім цього вузол насичений значною кількістю порізному азимутально орієнтованих елементарних лінеаментів, його розтинають кілька значних локальних лінеаментів відмінних простягань. Більш того, цей вузол розташований у зоні геодинамічного впливу окремих складових дешифрованої мегаморфоструктури. Він ускладнений дуготипами меншого радіусу кривизни цього об'єкта. Мегаморфоструктура характеризується очікувано істотно підвищеним флюїдогеодинамічним режимом уздовж свого контуру (тобто уздовж дуготипів) і надмірною розкритістю у таких місцях значної частини комплексу гірських порід.

Хоча через центр вузла проходить розлом скиби Скибової зони насувної морфокінематики, що відділяє Орівську скибу від Сколівської, що могло б покращити умови збереження вуглеводневих покладів, зазначені вище обставини все ж могли призвести до їх руйнування, розгерметизації. Адже нафтогазові поклади на цій локальній ділянці напевно утворилися раніше, ніж розпочався період сильної активізації лінійних і кільцевих структур. Вуглеводнева продукція з району описуваного вузла перетину лінеаментних зон різного простягання та дуготипів під дією гірського тиску могла мігрувати утвореними внаслідок зазначених процесів каналами та розкритими тріщинами в інші локальні структури, що мають пасткові умови для накопичення і зберігання ВВ. Принаймні нафта та природний газ могли мігрувати у складки-пастки, найближче розташовані до вузла (передовсім до нафтових родовищ Старосільське поблизу смт. Стара Сіль [4] та Стрільбицьке біля с. Стрільбище [3] з наявністю пластових, склепінних, тектонічно екранованих покладів у відкладах K_2 – P_1st).

Новизна дослідження. На основі комплексного аналізу матеріалів апріорних геолого-геофізичних робіт та результатів дешифрування даних ДЗЗ для території ДСД, що в зоні зчленування Передкарпатського прогину та Зовнішніх Карпат, створено структурно-тектонічну картосхему, яка уточнює існуючі побудови. Схема картографічно візуалізує насамперед диз'юнктивно-плікативну будову домезозойського та мезозойсько-кайнозойського структурного комплексів осадочного чохла території.

За результатами дослідження у межах ДСД виділено чотири локальні площі, сприятливі за комплексом ознак для накопичення вуглеводневої сировини в утвореннях чохла, що приурочені до вузлів перетину лінеаментних зон різного спрямування і дуготипів. Ці площі рекомендуються для подальших пошуків нафтогазових покладів.

Висновки й перспективи подальших робіт. Отже, застосований для території Добромильсько-Стрільбицької ділянки комплекс АКГД засвідчив свою ефективність та

оперативність у встановленні особливостей просторової організації об'єктів диз'юнктивного генезису, у вивченні їх гео(флюїдо)динаміки на новітньому етапі тектогенезу, у виявленні локальних блоків з розвитком передбачувано тріщинуватих, розущільнених гірських порід.

За результатами досліджень виконано районування ДСД стосовно її перспектив на пошуки покладів ВВ, виділено 4 відповідні перспективні локальні площі, складено картосхему їх просторового розташування, що може братися до уваги під час реалізації у майбутньому рекомендованих пошуковорозвідувальних робіт.

Перспективи досліджень із залученням даних ДЗЗ повинні відповідати етапу деталізації території ДСД комплексом різних методів, орієнтованих на пошуки, прогнозну оцінку потенціалу нафтогазоносності невеликих за своїми геометричними параметрами локальних структур і площ. Необхідно використовувати дані багатоспектрального дистанційного знімання високого просторового, спектрометричного і радіометричного розрізнення (типу космічних знімків класу QuickBird, WorldView, Pléiades тощо, а також дані зйомки з безпілотних літальних апаратів).

Список використаних джерел:

1. Гунда М.В., Єгер Д.О., Зарубін Ю.О. та ін. Перспективи освоєння дрібних та дуже дрібних родовищ газу в Україні. Нафтогазова галузь України. 2015. № 1. С. 37–42.
2. Азімов О.Т., Альперт С.І., Апостолов О.А. та ін. Сучасні методи дистанційного пошуку корисних копалин; В.І. Лялько, М.О. Попов (ред.). Київ: ЦАКДЗ ІГН НАН України, 2017. 221 с. ISBN 978-966-02-8295-7.
3. Атлас родовищ нафти і газу України: [в 6 т.]. Львів: Вид-во «Центр Європи», 1998-1999; за заг. ред. М.М. Іванюти, В.О. Федишина, Б.І. Денеги та ін. Т. V. Західний нафтогазоносний регіон. 1998. С. 329–712. ISBN 966-7022-04-8.
4. Державний баланс запасів корисних копалин України (нафта, газ, конденсат). Київ, 2003. 250 с.
5. Карпатська нафтогазоносна провінція; відп. ред. В.В. Колодій / НАН України; ІГГГК; НАК «Нафтогаз України». Київ-Львів: ДП «Науканафтогаз», 2004. 390 с.
6. Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000, аркуші M-34-XXIII (Пшемисль), M-34-XXIV (Дрогобич). Карпатська серія. Пояснювальна записка. Київ: Держ. комітет природ. ресурсів України, НАК «Надра України», ДП «Західукргелогія», Львів. геологорозвід. експедиція. 2005.133 с.
7. Борняков С.А. Тектонофизический анализ процесса формирования трансформной зоны в упруговязкой модели. Проблемы разломной тектоники. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1981. С. 26–44.
8. Иванов В.В., Карус Е.В., Кузнецов О.Л. и др. О возможной роли динамики напряженного состояния земной коры в формировании и размещении залежей нефти и газа. Доклады АН СССР. 1978. **239**, № 4. С. 930–933.
9. Hunt J.M. Petroleum geochemistry and geology. San Francisco: W.H. Freeman and Co., 1979. 617 p.

УДК 550.834.05

ПРОГНОЗУВАННЯ ГАЗОНОСНОСТІ БОРАТИЦЬКОЇ ПЛОЩІ НА ОСНОВІ ПРОВЕДЕНОГО КОМПЛЕКСУ ГЕОФІЗИЧНИХ І ГЕОХІМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дучук С.В.*[1], *duchuk@ukr.net;
Максимук С.В.*[2], *danaarsen@ukr.net;
Галамай А.Р.*[2], *к. геол. н., с. н. с., galamaytolik@ukr.net;
1 – Західно-Українська геофізична розвідувальна експедиція, Львів, Україна;
2 – Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна

Проведено комплекс геофізичних і геохімічних досліджень в межах Крукеницької западини Більче-Волицької зони на Боратицькій площі. Виконано структурні побудови по відбивальних сейсмічних горизонтах у відкладах нижньодашавської підсвіти сарматського ярусу (горизонти НД-9, НД-15) та горизонту відбиття $N_1b_2^{tr}$ (тираська світа середнього бадену). Деталізовано будову Боратицької структури. Складено узагальнені карти вмісту вуглеводневих сполук в приповерхневих відкладах з виділенням аномалій. На підготовлений об'єкт рекомендовано пошукове буріння з метою виявлення газоносних відкладів, подані напрямки подальших геофізичних робіт.

FORECASTING THE BORATYTSKA FIELD'S GAS-BEARING CAPACITY BASED ON GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL STUDIES

Duchuk S.*[1], *duchuk@ukr.net;
Maksymuk S.*[2], *danaarsen@ukr.net;
Galamay A.*[2], *Cand. Sci. (Geol.), senior researcher, galamaytolik@ukr.net;
1 – Western-Ukrainian geophysical reconnaissance expedition, Lviv, Ukraine;
2 – Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NASU, Lviv, Ukraine

A complex of geophysical and geochemical studies was carried out within the Krukenytska depression of the Bilche-Volytska zone on the Boratytska area. Structural constructions were made on reflective seismic horizons in the deposits of the Lower Dashava sub-space of the Sarmatian stage (horizons ND-9, ND-15) and the N1b2tr reflection horizon (Tirascian suite of the Middle Badenian). The structure of the Boratytska structure was detailed. Generalized maps of the content of hydrocarbon compounds in near-surface deposits were compiled with the allocation of anomalies. Exploratory drilling was recommended for the prepared object in order to detect gas-bearing deposits, and directions for further geophysical work were given.

Боратицька площа розташована в Крукеницькій підзоні Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину, а саме на регіональному підйомі від Краковецького розлому донеогенового фундаменту, де в його апікалі знаходиться Хідновицьке газове родовище, пов'язане з принасувною, тектонічно екранованою складкою. Неоднозначність результатів попередніх геолого-геофізичних досліджень спонукало до нового вивчення будови площі і переінтерпретації вже наявного матеріалу.

Методи досліджень. Сейсморозвідувальні роботи проведено методом спільної глибинної точки (МСГТ) по сітці профілів методикою 24-кратного поздовжнього профілювання за фланговою системою спостереження з використанням в якості збудження пружних коливань невибухових джерел з кроком спостереження 15 м. Всього відроблено 39,24 км профілів. Переоброблено і переінтерпретовано 169 км профілів минулих років.

Геохімічне зондування проведено на 12-ти профілях загальною довжиною 66 км з віддаллю між ними 1,0–1,5 км і кроком спостереження 250 м. Всього відібрано 792 проби. Об'єктом вивчення була газова складова четвертинних відкладів. Методом газової хроматографії визначався якісний і кількісний вміст вуглеводневих компонентів (від метану до пентану включно). Результати геохімічних досліджень оброблено комплексом програм "Exsel", "Statistic", "Surfer".

Результати досліджень. За результатами виконаних сейсморозвідувальних та геохімічних робіт, переобробки та переінтерпретації матеріалів минулих років і використання даних глибокого буріння, побудовані карти в масштабі 1: 50000 по опорному гіпсоангідритовому горизонту (ГА) тираської світи, по відбивальних горизонтах НД-9 і НД-15 (нижньодашавська підсвіта сарматського ярусу); карта співставлення даних

сейсморозвідки та геохімії; сейсмогеолого-геохімічні розрізи; сейсмогеологічний розріз і сейсмічні розрізи в масштабі 1:20000; карти геохімічних параметрів; часові розрізи.

За результатами сейсмологічних досліджень на Боратицькій площі за конфігурацією ізогіпсів гіпсоангідритової поверхні чітко вирисовується розгалужена долина річки, палеорусло якої з обривистими берегами прийшлось на сполучний профіль $12_{16}5778$, розділяючи дроздовицький і хідновицько-боратицький її тераси. На ділянці між профілями 4_6 і 5_6 5778 русло змінює напрям з південно-східного на південний (рис. 1).

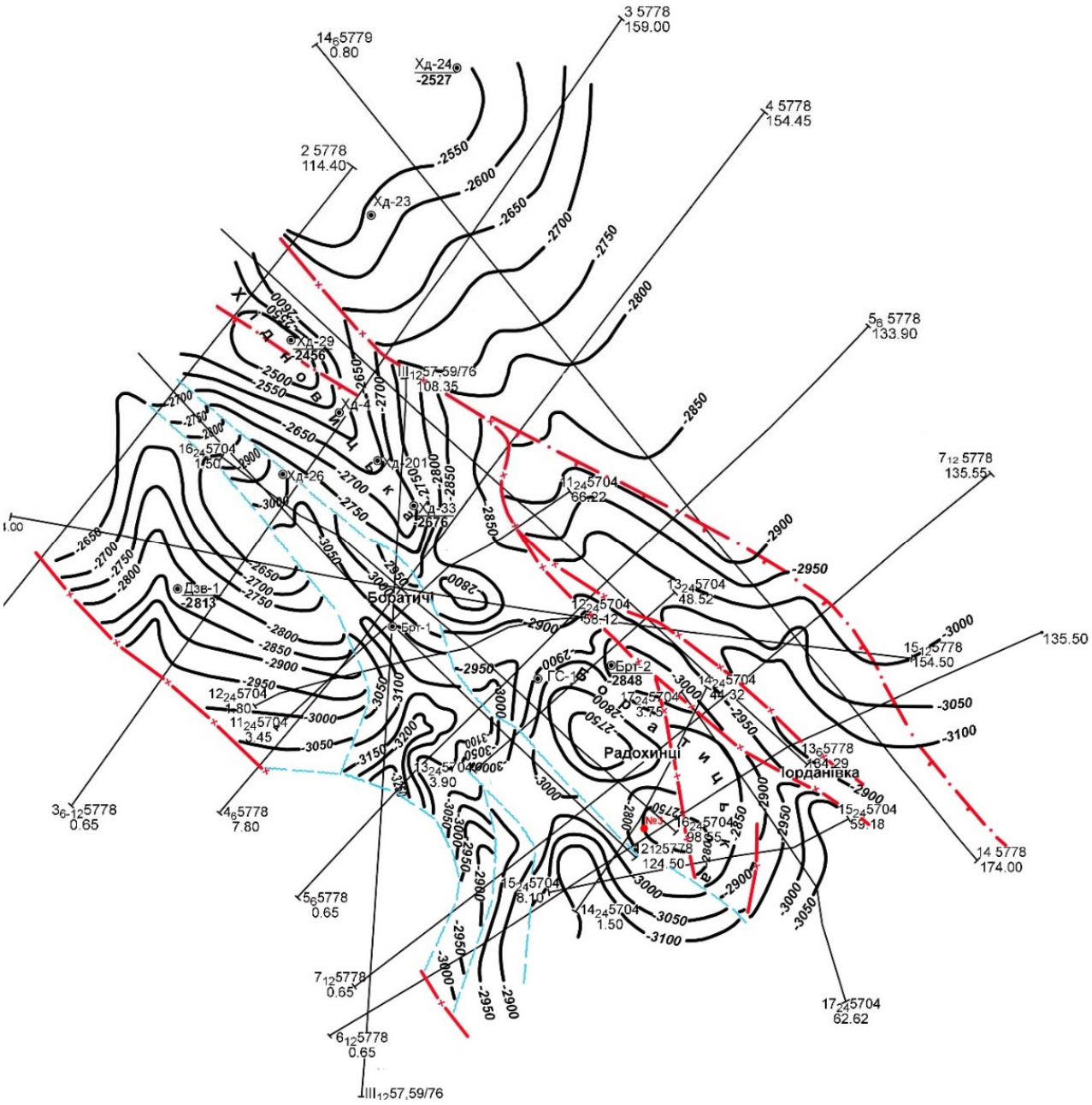


Рис.1. Структурна карта по відбивальному сейсмічному горизонту $N_1b_2^{tr}$ (тираська світа середнього бадену).

На цій же ділянці спостерігаємо ліву притоку цієї річки, яка розділяє Хідновицьку і Боратицьку морфоструктури. Боратицька структура відтворилась як "двогорба" з апікальними ізогіпсами 2750 м. Нижня частина надгіпсового неогену мала успадкувати геометрію гіпсометрії ГА-горизонту, що і засвідчує карта по горизонту НД-15 (рис. 2).

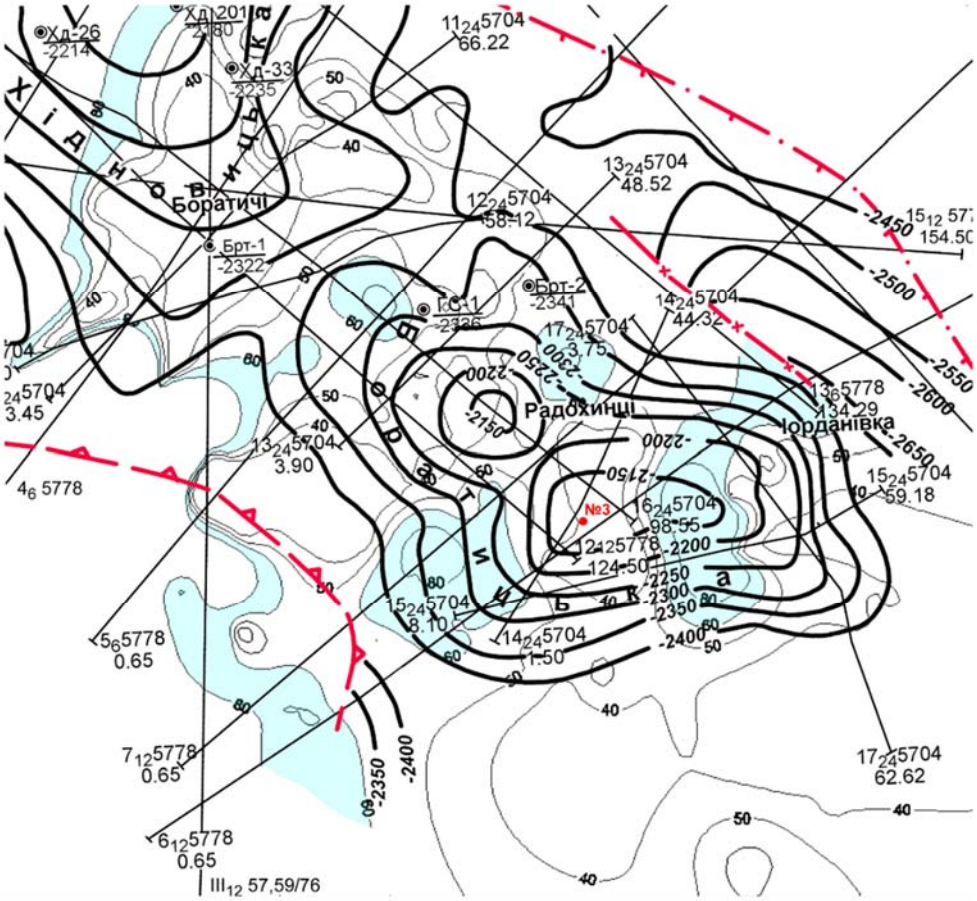


Рис. 2. Структурна карта по відбивальному сейсмічному горизонту НД-15 (нижньодашавська підсвіта сарматського ярусу) з даними геохімії

Апікальні частини Боратицької структури характеризуються ізогіпсою мінус 2150 м, амплітуда 200 м, перспективна площа 9,0 кв.км (по ізогіпсі мінус 2250 м).

До поверхні конформність структурних планів поступово порушується: південно-західні крила перегинів маліють до повної їх відсутності. Це вже результат "роботи" іншого структурного чинника – Стебницького насуву, який, будучи "рухомим" південно-західним берегом сарматського моря, тиснув на конседиментаційні відклади верхньої частини сарматської товщі, зумовлюючи формування при площині насуву лінії амплітудних перегинів, неконформних до геометрії форм нижньої частини неогенового комплексу. Це так звана "лінія Толвінського" антиклінальних складок, з якою пов’язана низка газових родовищ як в межах України (Хідновицьке, Садковицьке, Пинянське), так і на суміжній території Польщі (Перемишльське, Тулиголовівське). Просторове розміщення "лінії Толвінського" визначає площина Стебницького насуву. Розходження між смугою морфоструктур, успадкованих від донеогенової основи і "лінією Толвінського" від польського кордону на південний схід поступово зростає, оскільки лінія Стебницького насуву в цьому напрямку виходить на більш північно-східніші рубежі. В хідновицькому перегині по усіх трьох відкартованих рівнях просторово співпадають, в боратицькому по ГА і НД-15 співпадають, по НД-9 зміщений на 2,5 км на північний схід (рис. 3).

Застосована технологія польових спостережень і обробка та інтерпретації отриманої інформації, включно з наявною на профілях з попередніх робіт, дозволила уточнити геологічну будову Боратицької площі. Перспективність даної ділянки підтверджують результати випробувань в свердловині Боратичі-1, де з горизонтів НД-12 (інтервал 2280-2325) і НД-14 (інтервал 2523-2570) отримано незначні припливи газу.

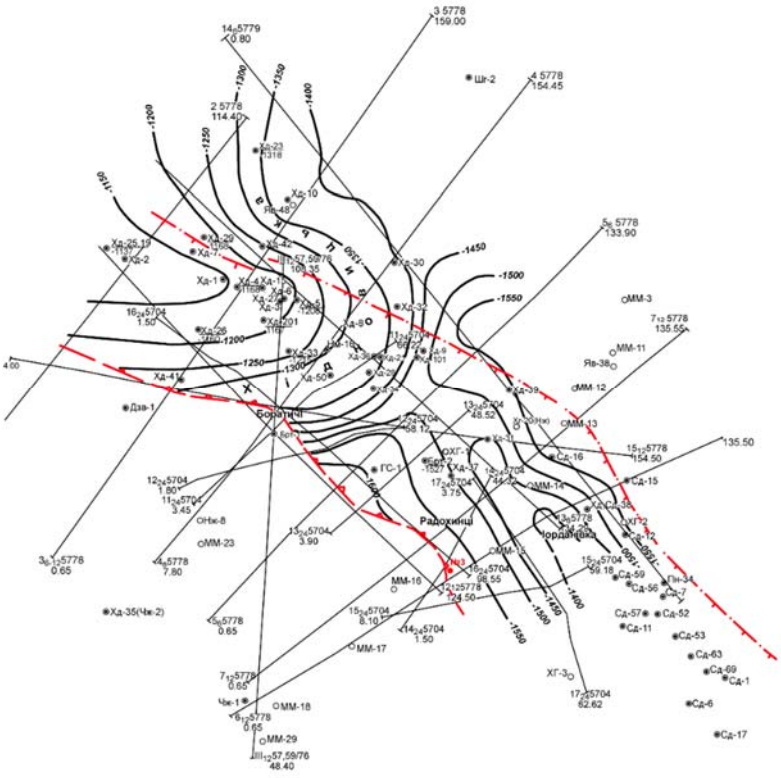


Рис. 3. Структурна карта по відбивальному сейсмічному горизонту НД-9 (нижньодашавська підсвіта сарматського ярусу)

На основі отриманих даних рекомендується буріння однієї свердловини № 3 проектною глибиною 3100 м (до розкриття донеогенового фундаменту), профіль $14_{24}5704$, ПК.19.00 (рис. 4).

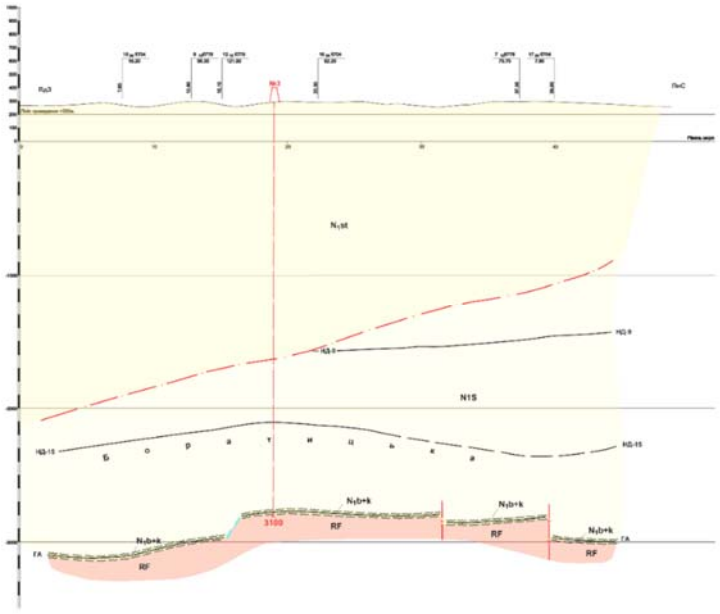


Рис. 4. Сейсмогеологічний профіль $14_{24}5704$

Висновки і рекомендації. Застосування більш досконалих прийомів польових спостережень і графу обробки отриманої сейсморозвідувальної інформації, залучення до геологічної інтерпретації переоброблених профілів минулих років, повне врахування результатів глибокого буріння і статистичної обробки геохімічних досліджень дозволило отримати об'єктивну інформацію про геологічну будову досліджуваної ділянки. Подано рекомендацію на буріння свердловини № 3 проектною глибиною 3100 м (до розкриття донеогенового фундаменту).

УДК 553.981/982

РЕЗУЛЬТАТИ ПОЛЬОВИХ ГЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПОШИРЕНОСТІ ПІСКОВИКІВ СТРИЙСЬКОЇ СВІТИ У РОЗРІЗІ ЗА РУСЛОМ РІЧКИ ПРУТ

Думенко С.С., *dumenkos@gmail.com,*
ТОВ "ВІВА ЕКСПЛОРЕЙШН"

Анотація. У роботі наведено результати польового етапу робіт з вивчення поширеності пісковиків у розрізі стрийської світи Українських Карпат в розрізі річки Прут. Дослідження охоплюють природні відслонення порід у межах Сколівської та Орівської скиб. Виявлено та оцінено товщину піщаних тіл що виходять на денну поверхню, співставлено місця знаходження виявлених товщ у різних ділянках розрізу, що дозволило оцінити їх витриманість по площі. Відібрано взірці пісковиків для їх подальшого лабораторного аналізу.

RESULTS OF FIELD GEOLOGICAL STUDY ON DESTRIBUTION OF SANDS IN STRYI FORMATION ALONG THE PRUT RIVER

Dumenko S., *dumenkos@gmail.com,*
"VIVA EXPLORATION" LLC

Abstract. The paper presents results of the field stage on studying the distribution of sandstones within the Stryi Formation of Ukrainian Carpathians along the Prut River section. The research covers natural outcrops of rocks within the Skole and Oriv thrust sheets. The thickness of the exposed sandstone bodies was identified and evaluated, and their positions in different parts of the section were correlated, which made it possible to assess their lateral continuity. Sandstone samples were collected for further laboratory analysis.

Вступ. Нафтогазопошукові роботи в межах старих, добре вивчених басейнів потребують вирішення більш складних геологічних та технічних задач. Доцільність таких робіт повинна ґрунтуватись на достатньому розмірі запасів, що можуть бути освоєні у разі успішного розв'язання окреслених геолого-технічних складнощів. Одним із напрямків таких робіт, що має потенціал до відкриття нових, значних за запасами родовищ вуглеводнів, є вивчення поширеності промислово цінних колекторів у розрізі стрийської світи Карпат, яка складає значну частину розрізу Скибової та Бориславсько-Покутської зон. Попри частий скептицизм щодо колекторських властивостей цих відкладів, є підстави стверджувати, що у їх понад кілометровій товщі існують піщані комплекси здатні утримувати та віддавати комерційні об'єми флюїдів. Підтвердженням цьому є відкриті родовища вуглеводнів у промисловій експлуатації.

Виклад основного матеріалу. З метою вивчення характеру піщанистості стрийських відкладів, враховуючи їх добру відслоненість та значну поширеність, було прийнято рішення провести польові геологічні дослідження вхрест простягання Карпат за чотирма регіональними профілями. У даних матеріалах наведено результати завершеного польового етапу робіт вздовж одного з закладених профілів – за руслом річки Прут у Івано-Франківській області.

У вибраному січенні стрийські відклади виходять на денну поверхню в межах Сколівської скиби на південному заході та межах Орівської скиби на північному сході. Орівська скиба представлена двома лусками розділеними насувним порушенням.

Основним завданням польового етапу робіт є вивчення розрізу стрийської світи, підтвердження або спростування наявності у її товщі пісковиків промислового значення. У разі виявлення у відслоненнях піщаних тіл що візуально можуть мати добрі колекторські властивості, , за можливості, оцінюється товщина таких пісковиків або їх комплексів та відібраються взірці порід для проведення подальших лабораторних досліджень.

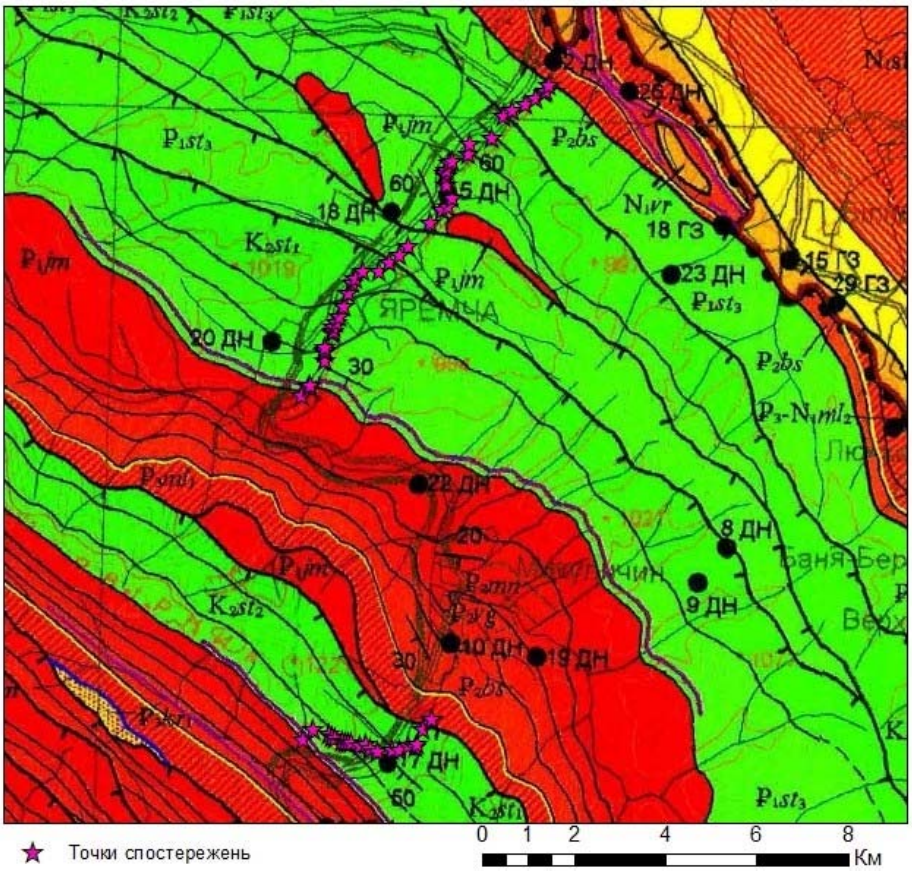


Рис. 1. Положення вивчених відслонень у руслі річки Прут на геологічній карті

У ході робіт в межах Сколівської скиби було виявлено дві товщі пісковиків, що представляють собою комплекс піщаних тіл утворених частим перешаруванням потовщених ущільнених пісковиків та алевролітів з незначними прошарками аргілітів. Товщина піщаних пачок складає понад 10-12 метрів кожна (Рис. 2). Варто відмітити, що оцінка товщини піщаних пачок є досить умовною, оскільки піщані комплекси не мають чітких меж та формуються, по суті, зміною характеру ритмічності перешарування – пласти пісковиків у ритмі поступово потовщуються, а пласти аргілітів, навпаки, потоншуються. При оцінці товщини пачки було використано виключно видиму на поверхні частину товщі у якій товщини пластів пісковику починають перевищувати 1-2 м, а пласти аргілітів потоншуються до менш ніж 10 см. Хоча візуально не погані колектори часто зустрічаються і у більш тонкоритмічному фліші, де товщини пісковиків складають до 0,5 м, а пропластки аргілітів зменшуються до 1-5см. Такий ритм також може формувати потужні піщані комплекси товщиною у десятки метрів. Однак, подібні товщі, скоріше за все, характеризуються значною анізотропією, а виміряти їх загальну товщину у поверхневих умовах надзвичайно складно.

У межах Орівської скиби піщані комплекси було виявлено у чотирьох різних відслоненнях. Їх повну товщину оцінити неможливо у зв’язку із значною задренованістю відслонень родючим шаром ґрунту, однак візуально вона є співрозмірною із товщиною піщаних комплексів Сколівської скиби та складає понад 10 метрів кожна.

З метою більш інформативного відображення місцязнаходження виявлених товщ, точки їх положення нанесено на розріз, складений за матеріалами Гермака І.Ф. [2], яким у ході проведення геологічної зйомки використовувались дані мікропалеонтології з ціллю більш детального розчленування розрізу стрийських відкладів (Рисунок 4). Місця виявлених піщаних тіл нанесено на розріз рожевим кольором та пронумеровано. Як виявилось, п’ять з шести описаних товщ приурочені до низів верхньострийської підсвіти та, скоріше за все, являють собою вихід на денну поверхню одних і тих же піщаних тіл у різних частинах маршруту. Так, вихід пластів у точках 1 та 2 добре співставляються з

пісковиками у точках 3 та 4. У точці 6, очевидно, було виявлено один з двох піщаних комплексів приурочених до низів верхньостийської підсвіти.



Рисунок 2. Товща пісковиків у межах Сколівської скиби



Рис. 3. Товща пісковиків у межах Орівської скиби

У відслоненні №5 піщаний комплекс, згідно побудов, приурочений вже до середньостийської підсвіти. У цій точці спостереження пласт пісковику виглядає найбільш пористим та представлений одним масивним піщаним тілом. Загальну потужність товщі визначити неможливо у зв'язку з наявними берегоукріпленнями, вздовж яких піщане тіло спостерігається тільки у дні русла вкритого водою. Однак можна впевнено сказати що ця пачка у руслі простягається на десятки метрів. Крім того, згідно побудов Гермака І.Ф., пісковики знаходяться у склепінній частині антиклінальної складки, що може приховувати повну товщину досліджуваного комплексу.

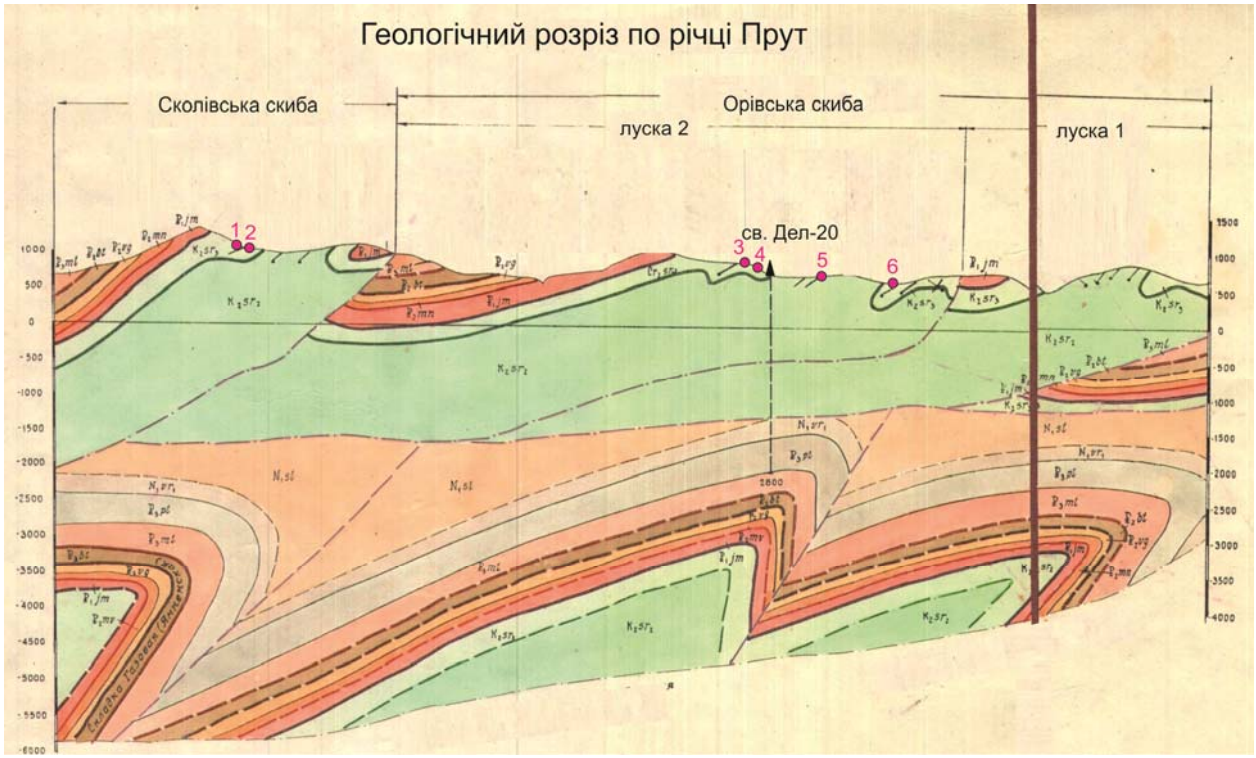


Рис. 4. Геологічний розріз території досліджень за даними Гермака І.Ф.



Рис. 5. Пласт масивного пісковику у точці спостереження №5

З усіх виявлених товщ пісковиків було відібрано взірці порід та передано для подальшого визначення їх колекторських властивостей у лабораторію Інституту нафти і газу – Державного дослідницького інституту у місті Краків, Республіка Польща. Це дозволить більш точно оцінити їх промислову цінність з точки зору здатності відкладів вміщувати та фільтрувати вуглеводні у сприятливих геологічних умовах.

Висновки. Проведений комплекс робіт дає змогу більш точно оцінити поширення піщаних тіл у розрізі відкладів стрийської світи. Товщі пісковиків у низах верхньострийської підсвіти, судячи з усього, мають значну витриманість по площі. Нажаль, відслоненість середньострийської підсвіти у даному розрізі є дуже обмеженою,

хоча саме з цією товщею, за даними попередніх досліджень, пов’язано розвиток основних, найбільш потужних пісковиків [1]. Проведення детальних лабораторних досліджень дасть змогу більш точно охарактеризувати колекторські властивості комплексу в межах розкритого розрізу, а проведення подібних досліджень у інших розрізах Українських Карпат дозволить оцінити більш повний розріз всієї потужності порід стрийської світи.

Список використаних джерел:

1. Думенко С.С., Хомин В.Р. Особливості поширення порід-колекторів у розрізі стрийської світи Скибової зони Українських Карпат. Стан вивченості та напрямки подальших досліджень. Нафтогазова енергетика, 1(43), 13-22. doi: 10.31471/1993-9868-2025-1(43)-13-22.

2. Гермак І.Ф. Звіт про комплексні геологічні дослідження масштабу 1:50 000, проведених на площі Манява (листи М-35-121-А,Б,В,Г, М-35-122-В) Івано-Франківської та Закарпатської областей у 1966-1970рр. Тр. Київгеологія Львівської ГЕ. 1971р. м.Львів.

УДК 553.98

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНИХ РОБІТ. ОГЛЯД ПРОБЛЕМАТИКИ

Куровець С.С., *д. геол. н., професор, sergiy.kurovec@gmail.com,*
Симчич Б.М., *аспірант, Bogdan.symchych@gmail.com,*
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна

У статті розглянуто перспективи застосування методів штучного інтелекту (ШІ) у геологорозвідувальних дослідженнях. Зокрема, проаналізовано можливості використання алгоритмів машинного навчання та нейронних мереж для інтерпретації геофізичних та геохімічних даних, побудови прогнозних моделей розташування корисних копалин, а також оптимізації процесів буріння й моніторингу родовищ. Використання ШІ дає змогу підвищити точність оцінки геологічних структур, скоротити витрати часу і фінансові ресурси, мінімізувати ризики та знизити вплив людського фактору. Застосування інтелектуальних систем сприяє формуванню нових підходів у пошуково-розвідувальних роботах та відкриває шляхи для ефективнішого управління природними ресурсами.

У сучасних умовах стрімкого розвитку цифрових технологій особливого значення набуває використання штучного інтелекту (ШІ) у сфері геологорозвідувальних робіт. Традиційні методи збору та аналізу геофізичних, геохімічних і сейсмічних даних характеризуються значною трудомісткістю та високим рівнем суб'єктивності інтерпретацій. Водночас обсяг доступних геологічних даних постійно зростає, що зумовлює необхідність впровадження інноваційних методів їхньої обробки та узагальнення.

Оглядаючи вирішення цієї наукової проблеми варто зупинитись на низці українських та іноземних публікацій. У роботі [1] досліджено, як алгоритми машинного навчання можуть бути використані для оцінки потужності вугільних пластів, з урахуванням складної геометрії і змінності гірничо-геологічних умов. Стаття [2] аналізує можливості і виклики використання ШІ в гірничій справі, враховуючи географічні особливості, технічну базу, нормативну сферу.

Про стартап Beholder, який використовує машинне навчання та дистанційне зондування для прогнозування мінеральних ресурсів, включно з критичними мінералами для зеленої енергетики описано в публікації [3]. У публікації [4] описано напрями застосування ШІ в діяльності гірничодобувних підприємств, модель інтеграції нейронних мереж у інформаційні системи підприємств. Хоч ця робота [5] більше стосується освітнього застосування, там наведені приклади використання інструментів із елементами ШІ (наприклад, для ідентифікації мінералів, віртуальних геологічних мандрів). Державної служби геології та надр України у 2024 заявила [6]: «Україна планує використати штучний інтелект у геології».

У статті [7] наведено аналіз технологій ШІ, що застосовуються у нафтовій галузі; порівняння алгоритмів для прогнозування динаміки видобутку, інтенсифікації видобутку залишкової нафти, гідророзриву пластів, як застосовувати моделі для прогнозу в умовах свердловин та родовищ. Публікація [8] описує методи ШІ, що вже застосовуються у геофізиці — логінг (нафтовий/газовий свердловинний аналіз), сейсмологія, геотермальні дослідження; також в ній розглянуто обмеження та ризики. Автори [9] показують застосування AutoML для прогнозування стихійних чи природних явищ (наприклад, повені, землетруси), пошук закономірностей у даних про минулі надзвичайні ситуації. Публікація [10] присвячена глибокому машинному навчанню для аналізу змін земного покриву за супутниковими спостереженнями, застосуванню великих данних (Dig Data), використання ієрархічних нейронних мереж.

Аналізуючи іноземні джерела варто відмітити такі публікації. У статті [11] наведено аналіз застосування ML для відкриття критичних мінеральних родовищ, та обговорюються проблеми з якістю даних, міждисциплінарністю, статистичні моделі й підготовка даних для підвищення достовірності прогнозів. Автори у публікації [12] застосовують алгоритми

глибинного навчання і обробки зображень для ідентифікації й прогнозу розташування родовищ, ці методи дозволяють працювати із супутниковими даними й геологічними картами.

У публікації [13] наведено приклади побудови моделей потенційності (prospective modeling) для розташування золота в аллювіальних відкладах та використання ML-методів для визначення перспективних зон видобутку.

Стаття [14] присвячена комбінуванню знань геологічної карти та графового представлення знань (knowledge graph embedding) і класифікаційних підходів для прогнозування покладів золота.

Автори у статті [15] комплексують інтеграцію шумової томографії (ambience noise tomography) з AI для формування моделей перспективності родовищ. У ній наведено приклади з Австралії, моделі перенесені з “foundation model” та локальна тонка настройка.

Огляд статей, що стосуються картографування потенційності родовищ за допомогою глибокого навчання провели автори [16]. Вони навели аналіз алгоритмів, їхніх переваг та їх обмежень, потребу в інтерпретації та якості даних.

Застосування згорткових нейронних мереж (CNN) до задач геологічного картографування з використанням супутникових та гравітаційних аномалій, для районів з осадовим покриттям (“overburden”) наведено у публікації [17].

Застосування алгоритмів машинного навчання та глибинних нейронних мереж відкриває нові можливості для інтерпретації складних багатовимірних даних. Зокрема, ШІ дозволяє інтегрувати різнорідні джерела інформації (геофізичні дослідження, геохімічні проби, дистанційне зондування Землі), формувати прогнозні моделі розташування родовищ та створювати карти перспективності територій. Важливою є здатність інтелектуальних систем автоматично виявляти приховані закономірності, які важко ідентифікувати традиційними методами.

Окрему увагу слід приділити практичним аспектам впровадження ШІ у процес буріння та розробки родовищ. Використання інтелектуальних систем дозволяє оптимізувати траєкторії свердловин, зменшити фінансові витрати, підвищити ефективність моніторингу технічного стану обладнання та екологічних параметрів. Таким чином, технології штучного інтелекту виступають потужним інструментом підвищення ефективності та безпеки геологорозвідувальної діяльності.

У перспективі очікується, що впровадження ШІ стане одним із ключових напрямів цифрової трансформації нафтогазового та гірничодобувного секторів. Це сприятиме не лише зростанню точності пошуково-розвідувальних робіт, але й формуванню нових стандартів у сфері раціонального використання мінерально-сировинної бази та екологічної безпеки.

Список використаних джерел:

1. Малашкевич Д.С. Застосування алгоритмів машинного навчання для прогнозування потужності вугільних пластів на шахтах Західного Донбасу [Електронний ресурс] / Д.С. Малашкевич. — 2025. — Режим доступу: https://ir.nmu.org.ua/entities/publication/6d6af946-5ce0-4318-9402-ba3c864409e3

2. Мельничук О.В. Штучний інтелект у гірничій справі: географічний аналіз та перспективи застосування [Електронний ресурс] / О.В. Мельничук. — Харків : Харківський нац. пед. ун-т ім. Г. С. Сковороди, 2025. — Режим доступу: https://dspace.hnpu.edu.ua/items/6718ea04-eb2a-4706-8c5b-59a2e45b87eb

3. «Ukrainian AI startup Beholder in the field of mineral exploration raises $1M investment» / InVenture, 2024 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://inventure.com.ua/en/news/ukraine/ukrainian-ai-startup-beholder-in-the-field-of-mineral-exploration-raises-dollar1m-investment

4. Psyuk V., Polyanska A. The usage of artificial intelligence in the activities of mining enterprises // E3S Web of Conferences. — 2024. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/4LMnWywl/

5. Pashchenko T., Slipukhina S., Chernetckiy O. STEM Approach in Teaching Geography: using Artificial Intelligence to Study Minerals and Rocks // Education and Development of Gifted Personality. — 2025. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/745265/

6. Державна служба геології та надр України. «Україна планує використати штучний інтелект у геології» — Interfax, 2024 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://ua.interfax.com.ua/news/general/1019129.html

7. Кочкодан В., Петрина М., Станковська І. Application of Machine Learning and Artificial Intelligence in Oilfield Development [Електронний ресурс] / В. Кочкодан, М. Петрина, І. Станковська. — 2023. — Режим доступу: https://www.eung.nung.edu.ua/index.php/ecom/article/view/547

8. Бахова Н.І. Artificial intelligence in geophysics: Opportunities and risks [Електронний ресурс] / Н.І. Бахова та ін. — Інститут геофізики НАН України, 2024. — Режим доступу: https://journals.uran.ua/geofizicheskiy/article/view/322463

9. Корнієнко Д., Голян Н. Використання методів автоматичного машинного навчання для прогнозування природних явищ // Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security. — 2024. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/lRwv0Ra9/

10. Куссул Н.Н., Шелестов А.Ю., Лавренюк М.С., Бутко І.Н. Information techniques of deep machine learning for the analysis of land cover changes [Електронний ресурс] / Н.Н. Куссул та ін. — Space Research Institute, NAS and SSA of Ukraine. — Режим доступу: https://nasu-periodicals.org.ua/index.php/dp/article/view/11283

11. Artificial intelligence and machine learning to enhance critical mineral deposit discovery // Journal of Applied Geoscience. – 2025. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: ScienceDirect.

12. Gao, L., Zhang, Y., Chen, H., et al. Intelligent Identification and Prediction Mineral Resources Deposit Based on Deep Learning // Sustainability. – 2023. – Vol. 15, No. 13. – Article 10269. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: MDPI.

13. Bertaiola, F., González, C., Ramírez, J., et al. Machine Learning-Based Prospective Modeling for Alluvial Gold Mining: A Study Area in Colombia // Pure and Applied Geophysics. – 2025. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: SpringerLink.

14. Mineral Prospectivity Mapping Based on Spatial Feature Classification with Geological Map Knowledge Graph Embedding // Natural Resources Research. – 2024. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: SpringerLink.

15. Muir, J., Olivier, G., Reid, A. End-to-End Mineral Exploration with Artificial Intelligence and Ambient Noise Tomography // arXiv preprint. – 2024. – arXiv:2403.15095. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: arXiv.

16. Sun, K., Li, J., Wang, P., et al. A Review of Mineral Prospectivity Mapping Using Deep Learning // Minerals. – 2024. – Vol. 14, No. 10. – Article 1021. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: MDPI.

17. Liu, X., Zhang, Q., Huang, Y., et al. Deep learning for geological mapping in the overburden area // Frontiers in Earth Science. – 2024. – Vol. 12. – Article 1407173. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: Frontiers.

УДК 550.3+504.43; 621

СЕЙСМІЧНІСТЬ І ГЕОТЕРМАЛЬНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО КРАЙОВОГО ПРОГИНУ (ЛЬВІВСЬКА, ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА І ЧЕРНІВЕЦЬКА ОБЛАСТІ)

***Назаревич Л.Є.*[1]**, *к. геол. н., nazarevych.L@gmail.com;*
***Назаревич А.В.*[2]**, *к. фіз.-мат. н., с.н.с., nazarevych.a@gmail.com;*
***Лівенцева Г.І.*[3]**, *к. геол. н., hannaliventseva@gmail.com;*
***Скакальська Л.В.*[1]**, *к. фіз.-мат. н., skakalska.sbigph@gmail.com;*
***Назаревич Р.А.*[4]**, *аспірант, roman.nazarevych@gmail.com*;
1 – Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України,
відділ сейсмічності Карпатського регіону, м. Львів, Україна,
2 – Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, м. Львів, Україна,
3 – Geoscience Barcelona (GEO3BCN-CSIC) Institute, Барселона, Іспанія,
4 – Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна

В роботі наведено аналіз геотермального потенціалу, історичної та сучасної сейсмічності і особливостей сейсмотектонічних процесів у Передкарпатському прогині. Значна частина цієї території належить до однієї з перспективних геотермальних зон України, вона має сприятливі для формування геотермальних родовищ геотермальні та гідрогеологічні умови. Сучасна сейсмічність тут є ко́ровою із слабкими землетрусами магнітудою здебільшого M=1,2-3,1. На території прогину наявні чотири основні сейсмоактивні зони – Бориславська, Долинська, Надвірнянська і Чернівецька, кожна з них має свої сейсмотектонічні особливості. Тут наявна природна та індуктована сейсмічність, остання пов'язана як з інтенсивним видобуванням нафти і газу на численних місцевих родовищах, так і з наслідками гірничих робіт на калійних родовищах регіону. Враховуючи вітчизняний і закордонний досвід з експлуатації нафтогазових і геотермальних родовищ, пропонується створення в регіоні геолого-геофізичної моніторингової мережі з оптимальним для регіону набором контрольованих параметрів впливу нафтогазовидобування і геотермалів на екологічну безпеку регіону і з аналізом моніторингових даних на основі нейронних мереж і штучного інтелекту.

SEISMICITY AND GEOTHERMAL POTENTIAL OF THE PRECARPATHIAN MARGINAL DEPRESSION (LVIV, IVANO-FRANKIVSK AND CHERNIVTSI REGIONS)

***Nazarevych L.*[1]**, *Cand. Sci. (Geol.), nazarevych.L@gmail.com;*
***Nazarevych A.*[2]**, *Cand. Sci. (Phys.-Math.) (Geophysics), senior researcher nazarevych.a@gmail.com;*
***Liventseva H.*[3]**, *Cand. Sci. (Geol.), Contract Researcher, hliventseva@geo3bcn.csic.es;*
***Skakalska L.*[1]**, *Cand. Sci. (Phys.-Math.), skakalska.sbigph@gmail.com;*
***Nazarevych R.*[4]**, *postgraduate, roman.nazarevych@gmail.com,*
1 – S.I.Subbotin name Institute of Geophysics of NASU,
department of seismicity of the Carpathian region, Lviv, Ukraine,
2 – Carpathian Branch of S.I.Subbotin name Institute of Geophysics of NASU, Lviv, Ukraine,
3 – Geosciences Barcelona (GEO3BCN-CSIC) Institute, Barcelona, Spain,
4 – Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine

The study presents an analysis of the geothermal potential, historical and current seismicity, and the characteristics of seismotectonic processes in the Forecarpathian Trough. A significant part of this territory belongs to one of the most promising geothermal zones in Ukraine, with geothermal and hydrogeological conditions favorable for the formation of geothermal deposits. Current seismicity in the area is crustal in nature, with mostly weak earthquakes of magnitudes M=1.2–3.1. There are four main seismically active zones within the trough: Boryslav, Dolyna, Nadvirna, and Chernivtsi, each characterized by its own seismotectonic features. Both natural and induced seismicity are present in the region, the latter being associated with intensive oil and gas extraction at numerous local fields as well as with the consequences of mining operations at the region's potash deposits. Taking into account domestic and international experience in the exploitation of oil, gas, and geothermal fields, it is proposed to establish a geological and geophysical monitoring network in the region. This network would include a regionally optimized set of parameters for monitoring the impact of oil, gas, and geothermal resource extraction on the region's environmental safety, with data analysis based on neural networks and artificial intelligence.

Вступ. Потенціал геотермальної енергетики в Україні ще повністю не вивчений, а тому і мало реалізовується. Використання геотермальної енергії в Україні становить лише близько ¼ сонячної енергії. Але використання цього виду енергії у світі поряд з іншими

альтернативними джерелами є значним і щороку збільшується. Ця енергія має ряд переваг перед традиційними видами енергії – незалежність від кліматичних і сезонних факторів, а також відносну невичерпність, що робить її високоперспективною в майбутньому як засобу зменшення енергетичної залежності держави, так і як джерела для іноземних інвестицій. Видобування геотермальних ресурсів і сейсмічна активність тут – це два часто досить взаємопов'язані процеси, які вивчають науки про Землю і які мають велике значення для соціально-економічного розвитку.

Мета роботи. Процес видобування геотермальних енергоресурсів може спричинити індуковану сейсмічну активність, що створює потенційну загрозу для сталого видобування та безпеки території. З аналізу численних закордонних публікацій, наприклад [1-4], відомо про зростання сейсмічної активності у багатьох місцях інтенсивного видобування цієї енергії, де до розробки територія була практично асейсмічною, а в сейсмоактивних зонах це приводило до збільшення кількості і енергії землетрусів. В Україні ця проблема мало досліджена, деякий аналіз цих питань проведено свого часу нами для Закарпаття [5, 6]. Тому необхідно проаналізувати сучасну сейсмічність і тектонічну позицію сейсмічних джерел у зонах геотермальних структур Передкарпатського крайового прогину (рис. 1), дослідити особливості сейсмотектонічного процесу, щоб мати можливість враховувати можливий вплив видобування геотермальних енергоресурсів на безпеку території.

Геотермальний потенціал структур Передкарпатського крайового прогину. В Україні одним з перспективних регіонів для розробки геотермальних джерел є Передкарпатський прогин (рис. 1) [7, 8]. Він є частиною Карпатського Альпійського орогенного поясу. Структура прогину у перерізі являє собою клин моласових та флішевих відкладень товщиною від 1 до 3-4 км у прилеглій до Карпатської гірської споруди смузі [9, 10]. Підстилаюча кристалічна кора має типову тришарову платформову структуру, загальна товщина якої збільшується на схід до 38-40 км у напрямку до краю Східноєвропейської платформи. Геотермальний градієнт коливається від 0,02 до 0,05 °С/м, тепловий потік у межах від 50 до 75 мВт/м² [7, 8].

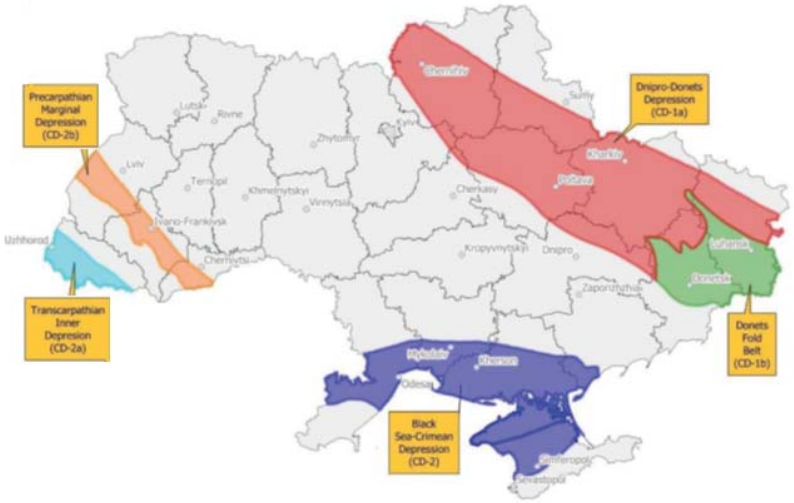


Рис. 1. Зонування території України за типами геотермальних полів [7]

Гідрогеологічно осадові товщі Передкарпатського прогину містять численні водоносні горизонти, які є переривчастими, дуже мінливими за протяжністю та часто ізольованими один від одного, мають низькі фільтраційні властивості. Ключовою особливістю Передкарпатського артезіанського басейну є його відокремленість від Карпатської складчастої області великим насувним розломом, який гідравлічно ізолює водоносні горизонти від гірських джерел живлення. Цей насув також допомагає утримувати внутрішнє тепло, обмежуючи конвективний потік води. Основний тип переносу тепла в цих умовах – кондуктивний.

Історична сейсмічність території. Сейсмічність Передкарпатсько-Дністровської сейсмотектонічної провінції, в складі якої є Передкарпатський прогин і відповідно структури, які мають геотермальні родовища, пов’язана зі структурами зони зчленування Східноєвропейської платформи і Карпатської гірської системи. Тут за даними (Сафронов, 2008) можливі землетруси з максимальною магнітудою M=5,5. За історичними даними (Євсєєв, 1961) у Львівській області в минулому відомі сильні землетруси силою струшувань в епіцентрі 6 балів (с. Шкло, 1670 р.; м. В. Мости, 1875 р.), у Чернівецькій області відомі землетруси з силою струшування I_0=5 балів – с. Глибока, 1822 р.; м. Сторожинець, 1950 р. з силою I_0=6 балів. Також у 1974-76 рр. в районі нафтопромислів м. Долини відбулося декілька відчутних з інтенсивністю I_0=4-6 балів землетрусів.

Сучасна сейсмічність Передкарпатського прогину. Сучасна сейсмічна активність території прогину спричинена поєднанням геолого-тектонічних, геоморфологічних і сучасних геодинамічних процесів в Альпійсько-Середземноморському сейсмоактивному поясі. В Передкарпатсько-Дністровській сейсмотектонічній провінції за комплексом геолого-геофізичних даних і космічних знімків можна виділити три мобільні сейсмогенні зони краю Східноєвропейської платформи, перша пов'язана з Белз-Балучинським і Рогатинським разломами; друга – Розточська зона дислокацій та Рава-Руський розлом; третя ототожнюється із зоною Подільського розлому, який в плані обмежує Український щит із південного заходу (Сафронов, 2008). Сильні землетруси, які тут відбуваються, в основному тяжіють до розломних структур північно-західного та північно-східного напрямів. Авторами в [11, 12] досліджувалась сучасна сейсмічність саме Передкарпатського прогину, зокрема, у зв’язку з видобуванням тут корисних копалин. Основною сейсмогенеруючою структурою цієї території є Передкарпатський розлом та ряд опіряючих діагональних і ортогональних розломів. Сучасна сейсмічність у Передкарпатському прогині виразно локалізована, виділяються чотири сейсмогенні зони: Бориславська, Долинська, Надвірнянська і Чернівецька (рис. 2).

Бориславська зона активізувалась недавно, у 2014 р., відтоді зареєстровано понад 40 корових землетрусів в основному невеликої сили – K=6,0-8,6, хоча є кілька відчутних з M=2,5-2,9, глибини їх залягання в основному невеликі і лежать в діапазоні від 0 до 3-5 км. В глибинному аспекті для Бориславського тектонічного блоку виділено два сейсмоактивних рівні, один на глибині 0,5-2,2 км, другий 4,5-6 км. Можливо є ще третій проміжний, але через невелику статистику подій він не чітко проявляється. Тектонічна локалізація вогнищ землетрусів [11, 12] трасує лінію Раточинського розлому північно-східного напряму, який є регіональною субвертикальною зоною деструкції земної кори по Р. Бембелю з ознаками розтягу. На таку геомеханіку цих сейсмогенних розломів вказують особливості сейсмічного випромінювання вогнищ місцевих землетрусів. Північніше простежується ще одне сейсмоактивне тектонічне порушення субкарпатського напряму. Сейсмічно активною в цьому районі є також Трускавецька структура (Помірківский блок) і прилегла Орівська структура Складчастих Карпат.

Іншим небезпечним фактором у цьому районі є техногенна сейсмічність. На шахтних полях Стебницького ГХП «Полімінерал» у 2017 р. стався карстово-провальний техногенний землетрус з утворенням карстового провалля діаметром у 230 м та глибиною до 50 м. [13]. Карстово-провальні процеси тут продовжуються (провали 2020 і 2025 років без виражених сейсмічних ефектів). І досі тут фіксується слабка спорадична техногенна сейсмічність.

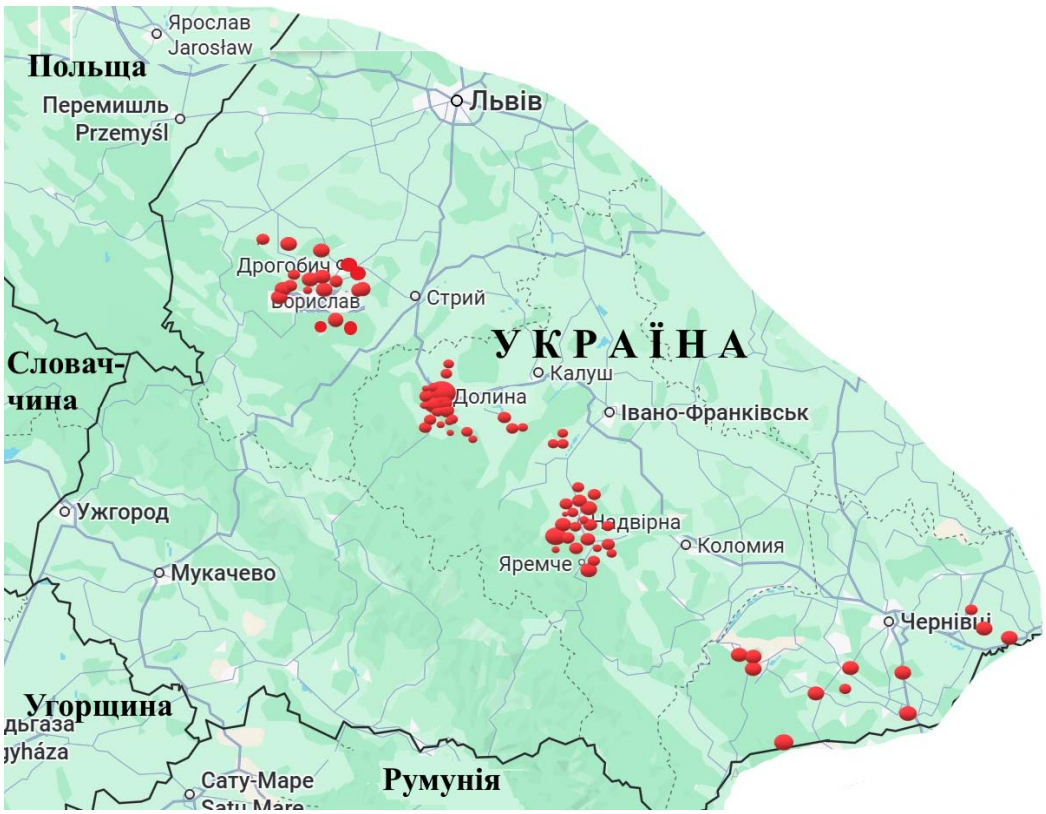


Рис. 2. Карта сучасної сейсмічності Передкарпатського прогину

Сейсмічність Долинської зони інструментально вперше була зафіксована у 1974 р. Тоді в районі Долинського нафтового родовища впродовж 1974-76 рр. відбулася серія землетрусів різної магнітуди, серед них кілька відчутних з інтенсивністю I_0=4-6 балів, а в наступні роки північно-східніше від Долини спорадично відбувались землетруси невеликої сили. Тектонічна позиція трьох відчутних землетрусів з інтенсивністю I_0=4÷6 балів – в зоні перетину діагонального Передкарпатського і ортогонального Турянського розломів [10, 11], першого з них тут перетинає під гострим кутом також Краковецький розлом. Напрями розривів за аналізом макросейсмічних полів мають орієнтацію, яка збігається з простяганням тут Передкарпатського розлому (315º), а просторово – з розташуванням Долинської складки [10, 11]. Зона сейсмічного розриву (зона насичена різноранговими тріщинами відриву і зсуву) з часом подекуди вийшла на поверхню, тут почала проступати нафта. Ще однією ознакою наявності тут сильних тектонічних напружень у зоні перетину Передкарпатського і Турянського тектонічних розломів є фонтануючі свердловини. Зміни гідродинамічного режиму глибинних флюїдів підчас видобування нафти разом з природними тектонічними напруженнями, очевидно, і стала спусковим механізмом для виникнення місцевої сейсмічності. Зафіксовані місцеві землетруси могли бути спричинені інтенсивним видобування нафти на Долинському родовищі в інтервалі глибин 1543-1818 м [14]. Оскільки глибини вогнищ землетрусів лежать у межах 3-5 км, тобто нижче зони видобування, якраз в зоні основної поверхні насувів, очевидно, там і утворилась область змін напружень природного і техногенного походження.

Після серії землетрусів 1974-1976 рр. у цій зоні на певний період встановилося сейсмічне затишшя. Сейсмічну активність тут знову зафіксовано у 1983 р. на північний захід від попередніх вогнищевих зон. Землетруси ці невеликої сили – К=7,6-8,6 (М=2-2,6). В останні роки кілька слабких землетрусів зафіксовано інструментально також за 5-10 км на південний захід від Долини, у напрямку простягання Турянського розлому, в районі села Вигода. Найновіша сейсмічна активізація в цьому районі відбулася 1 червня 2020 р. зразу двома відчутними землетрусами (з М=3.2 і з М=2.7) за 9 км на північ від Долини з епіцентрами в околицях сіл Якубова і Тростянця, у зоні геодинамічного впливу

Північно-Долинського родовища і розривних структур [12, 14]. Причиною розширення зони сейсмічної активізації в районі Долини, на нашу думку, є порушення геодинамічної рівноваги – збурення напружено-деформованого стану породних товщ у зонах родовищ, які здатні викликати відчутні землетруси не тільки безпосередньо в околі зони видобування, але і на більших віддалях, зокрема, вздовж перетинаючих зони родовищ розломів, провокуючи там землетруси меншої сили. Аналогічно (див. [3, 4]) сильніші сейсмічні події у гідротермальних зонах відбуваються саме на великих розломних структурах. Отже, поведінка геотермального чи нафтогазового резервуару контролюється цими основними тріщинуватими зонами, які впливають на перерозподіл і концентрацію тектонічних напружень, зокрема, і або спрямовують рух рідини, або перешкоджають її шляху.

У 1996 р. почалася сейсмічна активізація в районі м. Надвірної. Землетруси тут є також неглибокими (глибини до 5-6,5 км) коровими і невеликої сили (К=6,0-8,2, М=1,1-2,3). Аналіз локалізації вогнищ землетрусів та тектоніки району показав, що вогнища частини землетрусів локалізуються у південно-східній частині Бориславсько-Покутської зони Передкарпатського прогину в антиклінальній складці [11, 12]. Інші вогнища землетрусів тяжіють до поперечних розривних порушень, які розбивають земну кору Бориславсько-Покутської зони на Старунський, Битківський та Пасічнянський блоки [11, 12]. У районі міста Надвірної розташовані Пнівське, Південно-Гвіздецьке, Пасічнянське, Битків-Бабчинське нафтогазоконденсатні родовища [14]. Детальний аналіз геологічної інформації по профілю Бистриця-Гвізд і сейсмологічних даних показав, що вогнища всіх винесених на профіль землетрусів приурочені до різноглибинних поверхонь насувів і складок з різною крутістю занурення (кутами падіння) [12]. Таким чином, тектонічні напруження, що спричиняють землетруси, концентруються або вище зон пасток вуглеводнів, або нижче за них. Аналогічно за даними [1-4] землетруси на геотермальних родовищах відбуваються нижче від рівня відкачки/закачки води і в радіусі ±2 км. У Надвірнянському районі напрями розривів частини землетрусів збігаються з головною віссю палеонапружень для поперечних розломів, наприклад, Шопурсько-Надвірнянсько-Монастирецького розлому і опіряючих його розривних порушень [12]. Це свідчить про зв'язок сейсмічності з напруженим станом тектоносфери в зоні видобування через зміни гідродинамічного режиму і особливостей механічних характеристик геологічного середовища, що необхідно враховувати при видобуванні геотермальної енергії.

Сучасна сейсмічність Чернівецької зони представлена коровими землетрусами здебільша невеликої магнітуди М=1,2-2,7. Гіпоцентри цих землетрусів тяжіють в основному до активних розломів субкарпатського простягання – Передкарпатського, південно-східної гілки Рава-Руського, Чернівецького та перетинаючих їх Дністерсько-Буковинського і Гуцульського розломів [9, 10, 15]. Особливістю цієї зони є те, що в активному Красноїльсько-Глибоцькому морфоструктурно-неотектонічному вузлі, який розташований південно-західніше м. Чернівці, між Передкарпатським і Рава-Руським розломами, і має (за А.Полівцевим) найвищі амплітуди неогенових піднять земної кори в регіоні, були історичні сильніші землетруси (див. вище) і зараз продовжується сейсмічна активність, яка представлена землетрусами з М=2,2-2,3. Сучасна сейсмічність характерна для району Вижниці з М=2,5-2,6. На південь від м. Чернівці до кордону з Румунією фіксуються сильніші землетруси з М=2,7-3,1. На нашу думку, тут, з одного боку, вже опосередковано можуть впливати тектонічні напруження від передкарпатських сейсмоструктур Румунії. З іншого – це може бути прояв трансляції через структури Покутсько-Буковинських Карпат карпатської та терейнової складових регіонального геодинамічного процесу в Передкарпатську зону Буковини. Ці питання потребують дальших поглиблених досліджень. Для загальної картини сейсмотектоніки субрегіону додамо, що північно-східніше від м. Чернівці проходить активна регіональна структура – розлом Бердо-Нароль, яка є протяжною (від кордону з Польщею) виражено геодинамічно

активною структурою в зоні зчленування південно-західної окраїни Східноєвропейської платформи і Передкарпатського прогину, транслює сюди тангенціальні тектонічні напруження з північного заходу, від крайових структур південно-східного закінчення Західноєвропейської платформи (Рава-Руська зона) і також певним чином впливає на сейсмогенний потенціал північно-східної частини Чернівецької зони.

Перспективи досліджень. Розуміння причинно-наслідкових механізмів, що пов'язують видобування геотермальної енергії з індукованою сейсмічністю, має вирішальне значення для оцінки сейсмічної небезпеки. Для цього пропонується створити модель нейронної мережі зі штучним інтелектом, яка б моделювала в режимі 4D сейсмотектонічну ситуацію в геотермальних зонах і на конкретних геотермальних полях. Тут слід для бази даних нейронної мережі підібрати оптимальні фізико-інформаційні характеристики і параметри впливу. Ми пропонуємо ранжувати параметри наступним чином – з найбільшим до найменшого впливом (стан напруження in situ, наявність або відсутність розлому, глибина, ступінь агрегації тріщин, максимальне напруження in situ, відстань до розлому, об'єм ін'єкції, кут падіння тріщини, кут між тріщиною та розломом). Тут у відборі параметрів спираємося як на власний досвід багаторічних моніторингових досліджень сейсмотектонічних процесів у Закарпатті ([5-8] та ін.), так і на закордонні літературні джерела. Результати усіх досліджень показують, що індукована сейсмічність проявляється нижче глибини буріння, а зі збільшенням глибини магнітуда землетрусів демонструє поступову тенденцію до зростання. Аналогічно, збільшення об'єму закачування води за невеликої відстані від розломів також веде до збільшення магнітуди землетрусів [1, 4].

Висновки. Підсумовуючи викладене у зв’язку з перспективами використання геотермальної енергії у Передкарпатті, зробимо кілька узагальнень.

Передкарпатський прогин, як зона геотермальних ресурсів, характеризується помірною коровою сейсмічною активністю. Тут зареєстровані і природні (тектонічні), і індуковані (наведені) землетруси. З заходу на схід вздовж Передкарпатського розлому виділено чотири зони сейсмічної активності. Кожна з них має свої особливості і характерну тектонічну локалізацію вогнищ. Ці дані слід використовувати при видобуванні геотермальних ресурсів. Для запобігання негативного впливу на довкілля ми пропонуємо створювати комплексну систему геодинамічного моніторингу в геотермально перспективних зонах Передкарпаття.

Список використаних джерел:

1. Shapiro, S.A., Dinske, C. Stress Drop, Seismogenic Index and Fault Cohesion of Fluid-Induced Earthquakes. Rock Mech. Rock Eng. (2021). https://doi.org/10.1007/s00603-021-02420-3.
2. Bourne, S.J., Oates, S.J., & van Elk, J., 2018. The exponential rise of induced seismicity with increasing 430 stress levels in the Groningen gas field and its implications for controlling seismic risk. Geophysical Journal International. 213 (3). 1693–1700, https://doi.org/10.1093/gji/ggy084.
3. Shan, K.; Zheng, Y.; Cheng, W.; Shan, Z.; Zhang, Y. Evaluation of Seismicity Induced by Geothermal Development Based on Artificial Neural Network. Energies 2025, 18, 4004. https://doi.org/10.3390/en18154004.
4. Breede K., Dzebisashvili K., Falcone G., Overcoming challenges in the classification of deep geothermal potential, Geoth. Energ. Sci. 3 (2015) 19–39. https://doi.org/10.5194/gtes-3-19-2015.
5. Kováčiková S., Logvinov I., Nazarevych A., Nazarevych L., Pek J., Tarasov V., Kalenda P. Seismic activity and deep conductivity structure of the Eastern Carpathians. Stud. Geophys. Geod., 2016, 60, 280-296, https://doi.org/10.1007/s11200-014-0942-y.
6. Назаревич А.В., Поп С.С., Назаревич Л.Є. Про потенціал гідротермальних ресурсів Закарпаття. Матеріали П’ятої Міжнародної науково-практичної конференції

“Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування”, Україна, м. Трускавець, 8-12 жовтня 2018 р. Київ, 2018. Т. 2. С. 217-221.

7. Liventseva H., Barylo A. Classification of geothermal resources based on the geothermal play types and its application to the conditions of Ukraine. Ninth scientific-practical conference "Subsoil use in Ukraine. prospects for investment". Ukraine, Lviv, 7-11 October 2024. SCMR of Ukraine, 2024. 606-611.

8. Назаревич А.В. До проблеми підвищення глибинності, чутливості і точності моніторингових та нафтогазопошукових свердловинних геотермічних досліджень. Геодинаміка. 2018. № 1(24). С. 60-79. https://doi.org/10.23939/jgd2018.01.060.

9. Sheremeta P.M., Nazarevych A.V., Nazarevych L.Ye. (2023). Earth crust of eastern segment of Ukrainian Carpathians according to data on the regional profile RP-5: structure, geodynamics, oil and gas bearing. Geodynamics. 2(35). https://doi.org/10.23939/jgd2023.02.106.

10. Заяць Х.Б. Глибинна будова надр Західного регіону України на основі сейсмічних досліджень і напрямки пошукових робіт на нафту і газ. Львів: ЛВ УкрДГРІ, 2013. 136 с.

11. Назаревич Л.Є, Назаревич А.В. Наведена сейсмічність і сейсмотектоніка Надвірнянського нафтогазового району (Українське Передкарпаття). 15th EAGE International Conference on Geoinformatics – Theoretical and Applied Aspects “Geoinformatics-2016”. Київ. 2016. https://doi.org/10.3997/2214-4609.201600490.

12. Назаревич Л.Є., Назаревич А.В. Сейсмогеодинамічна активізація нафтогазоносних районів Передкарпатського прогину (Долина, Надвірна, Борислав). Мінеральні ресурси України. 2018. № 2. С. 36-42. https://doi.org/10.31996/mru.2018.2.36-42.

13. Назаревич Л.Є., Назаревич А.В. Техногенно – провальний землетрус у Стебнику 30 (29) вересня 2017 р. Матеріали П’ятої Міжнародної науково-практичної конференції “Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування”, Україна, м. Трускавець, 8-12 жовтня 2018 р. Київ. 2018. Т. 2. С. 37-43.

14. Атлас родовиш нафти і газу України. Том IV. Західний нафтогазоносний регіон. Львів: Центр Європи. 1998. 710 с.

15. Тектоническая карта Западного нефтегазоносного региона Украины. Киев: УкрГГРИ. 1994.

16. Назаревич Л.Є., Назаревич А.В. Характерні риси сейсмотектонічного процесу в літосфері Буковини і прилеглих територій. Геодинаміка. 2007. 1(6). С.49-54. https://doi.org/10.23939/jgd2007.01.049.

УДК 553.98.042 (477)

ДО ПИТАННЯ ОЦІНКИ ЗАПАСІВ ГАЗУ СТАТИСТИЧНИМ МЕТОДОМ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ РОЗРОБКИ

Багнюк М. [1], *к. геол. н., bagnyuk.unga@i.ua;* ***Дмишко О.*** [2], *odmisko@gmail.com;*
Козак Л. [3], *lesia.kozak@ugv.com.ua,*
1 – ПП «НВФ «ГЕОНАФТОГАЗПРОЕКТ», м. Львів, Україна;
2, 3 – Львівське відділення УкрНДІгазу, м. Львів, Україна

Проаналізовано статистичні методи підрахунку запасів газу які базуються на залежностях між основними показниками розробки. Показано, що для побудови статистичних залежностей використовуються річні або накопичені видобутки газу. Об'єм останнього в основному представлений газом сепарації. Досліджено зміну частки газу сепарації у структурі пластового газу з різним вмістом вуглеводневого конденсату. Встановлено, що зі збільшенням вмісту конденсату у пластовому флюїді похибка оцінки запасів газу статистичним методом зростає.

ON THE ISSUE OF ESTIMATING GAS RESERVES BY STATISTICAL METHOD BASED ON DEVELOPMENT RESULTS

Bahniuk M. [1], *PhD (Geology) bagnyuk.unga@i.ua;*
Dmyshko O. [2], *odmisko@gmail.com;*
Kozak L. [3], *lesia.kozak@ugv.com.ua,*
1 – PE "NVF "GEONAFTOGAZPROEKT", Lviv, Ukraine,
2, 3 – Lviv Branch Ukrainian Research Institute of Natural Gas, Lviv, Ukraine

Statistical methods for calculating gas reserves based on dependencies between the main development indicators are analyzed. It is shown that annual or accumulated gas production is used to construct statistical dependencies. The volume of the latter is mainly represented by separation gas. The change in the fraction of separation gas in the structure of reservoir gas with different hydrocarbon condensate contents is studied. It is established that with an increase in the condensate content in the reservoir fluid, the error in estimating gas reserves by the statistical method increases.

Вступ. З метою надійного планування дорозвідки родовища та коригування діючої системи розробки проводять оцінку запасів газу за результатами його промислового освоєння. Це дозволить впевнено прогнозувати поточний видобуток газу і капіталовкладення на буріння нових свердловин та облаштування промислу з одночасною економією витрат на детальну дорозвідку родовища.

На практиці для оцінки дренованих запасів газу найбільш вживаними є статистичні методи підрахунку. Серед них основними є такі статистичні залежності: 1 приведений пластовий тиск – накопичений видобуток газу; 2 «манометричний тиск» – накопичений видобуток газу; 3 річний видобуток газу- час розробки; 4 накопичений видобуток газу – зниження приведеного пластового тису; 5 накопичений видобуток газу – питомий видобуток води [1]. На будь якій стадії розробки покладу чи експлуатаційного об'єкта пересічно використовують першу статистичну залежність. Інші зазвичай застосовують на пізній стадії розробки.

В основі наведених статистичних залежностей використовується річний чи накопичений видобуток газу. Згідно з технологічним процесом підготовки продукції з газоконденсатних покладів на УКПГ загальний видобуток летких вуглеводнів складається з газів сепарації і дегазації (вивітрювання) сирого конденсату. Звичайно, що основний об'єм вуглеводнів представлений газом сепарації, інший становить мізерну кількість.

Вище відзначено, що для побудови статистичних залежностей з метою оцінки дренованих запасів газу використовують обєми річного чи накопиченого видобутку газу сепарації. В даній ситуації доцільно дослідити зміну частки газу сепарації у структурі пластового вуглеводневого флюїду з різним вмістом конденсату (фракція C_{5+}). У таблицях 1, 2 наведено структуру пластових газів з покладів Клубанівсько-Зубренківського і Тимофіївського НГКР [2. 3. 4].

Таблиця 1. Результати розрахунку складу пластових газів Клубанівсько- Зубренківського НГКР

Компоненти	Газ сепарації		Газ дегазації		Газ дебутанізації		Вміст C_{5+}у сирому конденсаті грам моль	Склад пластової системи		Потенційний вміст, г/м³		
	% мол.	грам молі	% мол.	грам молі	% мол.	грам молі		грам молі	% мол.	на газ сепарації	на пластовий газ	на сухий газ
Свердловина 3, інт.перф. 5181-5188 м, поклад гор. В-24												
Метан	91,286	912,86	53,16	3,253	0,000	0,000		916,115	90,366	613,797	605,452	611,903
Етан	4,312	43,12	21,686	1,327	1,500	0,008		44,458	4,385	55,573	54,817	55,401
Пропан	1,036	10,36	11,800	0,722	30,834	0,157		11,234	1,108	20,559	20,279	20,495
Ізо-бутан	0,136	1,36	1,718	0,105	18,039	0,092		1,557	0,154	3,768	3,717	3,756
Н-бутан	0,189	1,89	2,482	0,152	33,783	0,172		2,216	0,219	5,362	5,290	5,346
Нео-пентан	0,004	0,04	0,057	0,003	0,892	0,005		0,384	0,038			
Ізо-пентан	0,050	0,50	0,674	0,041	8,322	0,042	7,156	3,778	0,373	49,873	49,195	49,719
Н-пентан	0,037	0,37	0,524	0,032	3,929	0,020		2,008	0,198			
Гексан+вищі	0,223	2,23	3,830	0,234	1,751	0,009		4,519	0,446			
Азот	0,327	3,27	1,069	0,065	0,000	0,000		3,331	0,329			
Двоокис вуглецю	2,400	24,00	2,998	0,183	0,951	0,005		24,184	2,386			
Всього	100,000	1000,00	100,000	6,120	100,000	0,508	7,156	1013,783	100,000			
Молекулярна маса	17,992		28,517		55,575			18,485				
Густина, кг/м³	0,751		1,199		2,385			0,773				
Відносна густина	0,623		0,995		1,979			0,641				
Мольна частка газу сепарації								0,9864				
Мольна частка сухого газу								0,9895				
Свердловина 2-Високопільська, інт.перф. 4561,6-4581 м, 4524-4550 м (вибірково) м, поклади гор. В-14 та С-22-23												
Метан	87,801	878,01	58,986	5,117	0,000	0,000		883,127	86,370	591,70	578,68	589,32
Етан	6,246	62,46	18,790	1,631	5,142	0,061		64,151	6,274	80,19	78,43	79,87
Пропан	2,382	23,82	10,345	0,898	30,456	0,358		25,076	2,452	45,89	44,88	45,71
Ізо-бутан	0,248	2,48	1,687	0,146	12,632	0,149		2,775	0,271	6,72	6,57	6,69
Н-бутан	0,488	4,88	2,423	0,210	34,587	0,407		5,497	0,538	13,30	13,01	13,25
Пентан+вищі	0,522	5,22	4,666	0,405	16,886	0,199	12,633	18,457	1,805	104,68	102,37	104,26
Азот	0,898	8,98	1,167	0,101	0,000	0,000		9,081	0,888			
Двоокис вуглецю	1,415	14,15	1,954	0,170	0,297	0,003		14,323	1,401			
Всього	100,000	1000,00	100,000	8,678	100,000	1,177	12,633	1022,489	100,000			
Молекулярна маса	18,735		27,391		56,853							
Густина, кг/м³	0,7821		1,1400		2,3662							
Відносна густина	0,6490		0,9461		1,9637							
Мольна частка газу сепарації								0,982				
Мольна частка сухого газу								0,978				

Таблиця 2. Результати розрахунку складу пластових газів Тимофіївського НГКР

Компоненти	Газ сепарації		Газ дегазації		Газ дебутанізації		Стабільний конденсат, грам молі	Нестабільний конденсат		Пластовий газ		Потенційний вміст компонентів, г/м³	
	% мол.	грам молі	% мол.	грам молі	% мол.	грам молі		% мол.	грам молі	% мол.	грам молі	пластового	сухого
Свердловина 1 інт. перф. 3866-3852, 3843-3834 м, поклад гор. В-16													
Метан	88,32	883,2	50,43	16,87	0,58	0,04		16,56	16,91	81,67	900,11	495,15	526,20
Етан	4,98	49,80	17,55	5,87	2,75	0,21		5,95	6,08	5,07	55,88	57,97	61,60
Пропан	2,57	25,70	20,37	6,81	48,07	3,59		10,18	10,40	3,28	36,10	55,47	58,95
Ізо-бутан	0,30	3,00	2,64	0,88	14,40	1,07		1,91	1,96	0,45	4,96	10,19	10,83
Н-бутан	0,53	5,30	4,99	1,67	27,92	2,08		3,67	3,75	0,82	9,05	18,51	19,67
Пентан+вищі	0,27	2,70	2,59	0,87	5,94	0,44	61,22	61,23	62,53	5,92	65,23	288,84	306,95
Гелій	0,08	0,80	–	–	–	–		–	–	0,07	0,80	0,11	0,12
Азот	2,17	21,70	0,34	0,11	0,34	0,03		0,14	0,14	1,98	21,84	20,93	22,24
Двоокис вуглецю	0,78	7,80	1,09	0,37	–	–		0,36	0,37	0,74	8,17	12,35	13,12
Всього	100,00	1000,0	100,0	33,45	100,00	7,45	61,22	100,00	102,13	100,00	1102,13	959,52	
Молекулярна маса	18,42		29,52		51,82					23,07			
Густина, кг/м³	0,7662		1,228		2,1566					0,9595			
Відносна густина	0,6359		1,0191		1,7897					0,7963			
Мольна частка сухого газу													0,941
Мольна частка газу сепарації													0,907
Свердловина 3, інт. перф. 3933-3920, 3915-3897 м, поклад гор. В-16													
Метан	86,14	861,40	48,62	41,00	0,26	0,04		20,62	41,05	75,26	902,45	419,40	459,87
Етан	7,23	72,30	20,82	17,56	3,33	0,44		9,04	18,00	7,53	90,30	79,14	86,78
Пропан	2,53	25,30	19,28	16,26	48,47	6,39		11,37	22,64	4,00	47,94	62,18	68,18
Ізо-бутан	0,25	2,50	2,87	2,42	14,39	1,90		2,17	4,32	0,57	6,82	11,86	13,00
Н-бутан	0,36	3,60	5,01	4,23	26,50	3,49		3,88	7,72	0,94	11,32	19,51	21,39
Пентан+вищі	0,14	1,40	2,34	1,97	6,41	0,84	101,56	52,43	104,37	8,82	105,77	489,00	536,18
Гелій	0,07	0,70	–	–	–	–		–	–	0,06	0,70	0,08	0,09
Азот	3,16	31,60	0,61	0,51	0,64	0,08		0,30	0,59	2,69	32,19	26,14	28,66
Двоокис вуглецю	0,12	1,20	0,45	0,38				0,19	0,38	0,13	1,58	1,99	2,18
Всього	100,00	1000,0	100,0	84,34	100,00	13,18	101,56	100,00	199,07	100,00	1199,07	1109,30	
Молекулярна маса	18,48		29,32		51,39					26,67			
Густина, кг/м³	0,7687		1,2196		2,1377					1,1093			
Відносна густина	0,6379		1,0121		1,7740					0,9206			
Мольна частка сухого газу													0,912
Мольна частка газу сепарації													0,834

Аналіз наведеної інформації показує, що домінуюче положення у складі пластового вуглеводневого флюїду припадає на газ сепарації. Леткі вуглеводні одержані під час дегазації сирого конденсату та наступної його дебутанізації характеризуються мізерними обсягами. Необхідно зауважити, що частка стабільного конденсату у складі пластового газу зростає зі збільшенням вмісту фракції C_{5+}. Варто звернути увагу на зміну величин мольної частки газу сепарації і сухого газу в структурі пластового. Для газоконденсатних систем з низьким вмістом фракціях C_{5+} вони характеризуються значеннями близькими до 1,0 і різниця між ними є мінімальною. По мірі зростання вмісту конденсату у пластовому газі їх абсолютні величини зменшуються, а різниця між ними збільшується.

Згідно з [5, 6] в процесі підрахунку загальних запасів газу об'ємним методом визначають об'єм пластового і сухого газу. Під час оцінки запасів газу статистичним методом за результатами розробки послуговуються об'ємами видобутку газу сепарації. За такої умови для газоконденсатних систем з низьким вмістом фракції C_{5+} одержана величина запасів буде близькою до такої сухого газу. Зі зростанням вмісту фракції C_{5+} у пластовому газі різниця між запасами визначеними за результатами розробки і об'ємного методу підрахунку буде збільшуватися. Тобто оцінені запаси газу статистичним методом будуть занижені у порівнянні з такими сухого газу, котрі підраховані об'ємним методом. Для газоконденсатної системи з вмістом конденсату 49,719 г/м^3 похибка визначення запасів газу, охоплених розробкою становитиме 0,3 %. В ситуації, коли пластовий вуглеводневий флюїд характеризується вмістом фракції C_{5+} 536,18 г/м^3 величина дренованих запасів буде занижена на 9 %.

Висновки. Отже, з метою раціонального планування дорозвідки об'єктів та оптимізації системи їх розробки доцільно враховувати різницю між запасами газу визначеними статистичним і об'ємним методами підрахунку. Особливо це стосується об'єктів, які характеризуються пластовими газами з високим вмістом фракції C_{5+}.

Список використаних джерел:

1. Підрахунок запасів нафти і газу: підручник. Рудько Г.І., Ляху М.В., Ловинюков В.І., Багнюк М.М., Григіль В.Г.– Київ – Чернівці: Букрек, 2016. – 592 с.

2. Звіт про проведення промислових досліджень на газоконденсатність свердловини 3 (гор. В-24) Клубанівсько-Зубренківського НГКР. Дворецький Р.Б., Василенко І.І. – м. Полтава. ДП «Укрнаукагеоцентр», 2023.

3. Акт за результатами проведення промислових досліджень на газоконденсатність свердловини 2 Високопільська. ФОП КЕрекелиця Ю.В. – с. Розсошенці, 2021.

4. Бікман Є., Сойма Р., Криницька Д (відп. вик.). Геолого-економічна оцінка Тимофіївського нафтогазоконденсатного родовища Полтавської області (станом на 01.01.2015 р.). Звіт про НДР в 14 книгах. УкрНДІгазу. Харків, 2015 рік.

5. Інструкція про зміст, оформлення та порядок подання в ДКЗ України матеріалів геолого-економічної оцінки родовищ нафти і газу – Київ, 1999.

6. Інструкція із застосування класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до геолого-економічного вивчення ресурсів перспективних ділянок та запасів родовищ нафти і газу – Київ, 1998.

УДК 553.04

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В СИСТЕМІ ГАЗОПОСТАЧАННЯ: МІЖНАРОДНИЙ ТА УКРАЇНСЬКИЙ ДОСВІД

Шмідт В.П.[1]*, аспірант, volodymyrshmidt@gmail.com;*
Гораль Л.Т.[2]*, д. екон н, професор, liliana.goral@gmail.com;*
1 – Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, Україна
2 – Карпатський національний університет імені Василя Стефаника, Івано-Франківськ, Україна

Розглянуто перспективи впровадження технологій штучного інтелекту в газорозподільні системи України для підвищення рівня безпеки та ефективності газопостачання споживачів. Проаналізовано міжнародний досвід застосування ШІ в енергетичному секторі. Обґрунтовано, що цифрова трансформація газорозподільної інфраструктури через впровадження ШІ-технологій є критично важливою для забезпечення надійного газопостачання та енергетичної незалежності України в умовах воєнного стану та повоєнної відбудови.

Ключові слова: штучний інтелект, газорозподільні системи, газопостачання, енергетична безпека, цифровізація, критична інфраструктура.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE GAS SUPPLY SYSTEM: INTERNATIONAL AND UKRAINIAN EXPERIENCE

Shmidt V.[1]*, PhD student, volodymyrshmidt@gmail.com;*
Horal L.[2]*, Dr. Sci.(Econ.), Professor, liliana.goral@gmail.com;*
1 – National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic", Poltava, Ukraine
2 – Vasyl Stefanyk Carpathian National University, Ivano-Frankivsk, Ukraine

The prospects of implementing artificial intelligence technologies into the gas distribution systems of Ukraine to enhance the safety and efficiency of gas supply to consumers are examined. The international experience of applying AI in the energy sector is analyzed. It is substantiated that the digital transformation of the gas distribution infrastructure through the implementation of AI technologies is critically important for ensuring a reliable gas supply and the energy independence of Ukraine under conditions of martial law and post-war reconstruction.

Keywords: artificial intelligence, gas distribution systems, gas supply, energy security, digitalization, critical infrastructure.

Вступ. Система газопостачання України охоплює понад 360 тисяч кілометрів розподільних газопроводів, які забезпечують газом близько 12 мільйонів домогосподарств та промислових споживачів. В умовах воєнного стану та необхідності забезпечення енергетичної незалежності особливої актуальності набуває питання модернізації газорозподільної інфраструктури через впровадження передових цифрових технологій. За даними досліджень, більшість компаній енергетичного сектору – понад 92% – вже інвестують у штучний інтелект, що призвело до зростання ринку ШІ в нафтогазовій галузі з 3,14 млрд доларів у 2024 році до прогнозованих 5,7 млрд доларів до 2029 року [1].

Методологія дослідження базується на комплексному підході, що включає системний аналіз міжнародного досвіду впровадження ШІ в газорозподільних мережах; порівняльно-правовий аналіз нормативного регулювання; метод термінологічної систематизації для формування понятійного апарату; системний аналіз для вивчення газопостачальних систем як цілісних об’єктів з урахуванням взаємозв’язків між елементами.

Аналіз практики провідних країн демонструє високу ефективність застосування ШІ в газорозподільному секторі. У США компанії National Grid та Southern Company Gas впровадили системи прогнозної аналітики для розподільних мереж, що дозволило зменшити кількість пошкоджень газової інфраструктури на 22-35% [2]. Consolidated Edison встановила 376 000 інтелектуальних детекторів газу в системі міського газопостачання, інтегрованих з системою AMI, що значно знижує ймовірність вибухів у житловому секторі [2].

За оцінками Всесвітнього економічного форуму, широке впровадження ШІ в газопостачанні може призвести до економії коштів на 10-20% до 2025 року [3]. Предиктивне обслуговування розподільних мереж робить можливими цілеспрямовані втручання, передбачаючи проблеми до того, як вони перетворюються на аварійні ситуації [4].

Для газорозподільних систем України критично важливими є три технологічні напрями:

●предиктивне обслуговування розподільних мереж – враховуючи знос газорозподільних систем на рівні 60-70%, впровадження систем прогнозування відмов дозволить оптимізувати витрати на утримання мереж;

●автономне виявлення витоків у розподільних газопроводах – системи ШІ виявляють найменші аномалії, такі як коливання тиску або зміни в патернах споживання [4];

●антелектуальне управління газопостачанням – оптимізація розподілу газу між споживачами на основі прогнозування попиту;

Для характеристики процесів впровадження ШІ в газорозподільні мережі запропоновано поняття "інжекція штучного інтелекту" – цілеспрямований процес інтеграції ШІ-технологій у критичні вузли системи газопостачання з метою підвищення рівня безпеки, надійності та ефективності функціонування за умови збереження автономності існуючих систем управління.

На основі адаптації методологічних підходів OECD [5], NIST [6] та Консорціуму промислового інтернету [7] було сформовано п’ятивимірну класифікаційну систему ШІ-застосувань для газорозподільних систем за: середовищем розгортання, рівнем системної інтеграції, інфраструктурними вимогами, архітектурою моделей та функціональним призначенням.

Україна сформувала стратегічну основу для розвитку ШІ через прийняття Концепції розвитку штучного інтелекту [8]. У травні 2025 року Україна підписала Рамкову конвенцію Ради Європи про штучний інтелект [9]. Участь України в програмі "Цифрова Європа" створює можливості для модернізації газорозподільних систем. Водночас виявлено критичні прогалини: відсутність спеціалізованого регулювання ШІ для операторів газорозподільних систем, недостатність технічних стандартів.

Дослідження показують, що предиктивне обслуговування газорозподільних мереж може знизити витрати на 10-40%, системи виявлення витоків знижують втрати газу на 20-30%, а оптимізація газопостачання може підвищити ефективність на 15-20% [2].

На основі проведеного аналізу міжнародного досвіду автором запропоновано трифазну модель поетапного впровадження ШІ в системи газопостачання України.

Таблиця 1. Етапи впровадження технологій штучного інтелекту в газорозподільні системи України

Фаза впровадження	Термін	Основні заходи	Очікувані результати
Фаза 1: пілотні проєкти	1-2 роки	1) впровадження систем виявлення витоків у міських газорозподільних мережах 2) тестування предиктивної аналітики на критичних ділянках газопостачання 3) навчання персоналу облгазів технологіям ШІ 4) створення нормативної бази	1) зниження витоків на 15-20% 2) формування досвіду впровадження 3) підготовка кадрового потенціалу
Фаза 2: масштабування	3-4 роки	1) розширення успішних проєктів на регіональні системи газопостачання 2) створення єдиної платформи управління газорозподілом 3) інтеграція з європейськими системами 4) залучення інвестицій	1) охоплення 50% газорозподільної інфраструктури 2) зниження операційних витрат на 20-30% 3) створення національної платформи

Фаза впровадження	Термін	Основні заходи	Очікувані результати
Фаза 3: повна цифровізація	5+ років	1) створення цифрових двійників всіх газорозподільних систем 2) впровадження автономних систем управління газопостачанням 3) інтеграція в європейський енергетичний простір 4) розвиток власних технологічних рішень	1) повне охоплення систем газопостачання 2) досягнення європейських стандартів безпеки 3) інтеграція в європейський енергетичний простір

Впровадження технологій штучного інтелекту в газорозподільні системи України є критично важливим фактором забезпечення надійного газопостачання та енергетичної безпеки держави. Міжнародний досвід підтверджує високу економічну ефективність ШІ-технологій у газорозподільному секторі з потенціалом зниження аварійності на 20-35% та операційних витрат на 10-40%. Україна має необхідні передумови для успішної інжекції ШІ в системи газопостачання: розгалужену газорозподільну інфраструктуру, потужний ІТ-сектор, стратегічну та нормативну основу. Пріоритетними напрямами є системи виявлення витоків у розподільних мережах, предиктивне обслуговування та інтелектуальне управління газопостачанням споживачів. Необхідним є розроблення галузевих стандартів для операторів газорозподільних систем з урахуванням вимог EU AI Act.

Список використаних джерел:

1. AI in Oil and Gas: Preventing Equipment Failures Before They Cost Millions. Energies Media. February 8, 2025. URL: https://energiesmedia.com/ai-in-oil-and-gas-preventing-equipment-failures-before-they-cost-millions/
2. Burman D.X., Kimbrel D.E., Pridemore T., Thanos A.D., Zitelman K. Artificial Intelligence for Natural Gas Utilities: A Primer. National Association of Regulatory Utility Commissioners. October 2020. 42 p. URL: https://pubs.naruc.org/pub/F74D4EC2-155D-0A36-310F-F5B22DC3E286
3. AI in Oil and Gas: Future Trends & Use Cases. Moon Technolabs. March 6, 2025. URL: https://www.moontechnolabs.com/blog/ai-in-oil-and-gas/
4. AI Predictive Maintenance in Oil & Gas Industry. Datategy. January 9, 2024. URL: https://www.datategy.net/2023/12/15/ai-predictive-maintenance-in-oil-gas-industry/
5. OECD Framework for the Classification of AI Systems. Paris: OECD Publishing, 2022. 92 p. URL: https://www.oecd.org/digital/artificial-intelligence/classification-framework
6. NIST Special Publication 1270. Towards a Standard for Identifying and Managing Bias in Artificial Intelligence. Gaithersburg: NIST, 2022. 86 p.
7. Industrial AI Reference Architecture / Industrial Internet Consortium. Version 2.0. Needham: IIC, 2023. 124 p.
8. Про схвалення Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 02.12.2020 р. № 1556-р. Офіційний вісник України. 2020. № 100. Ст. 3236.
9. Framework Convention on Artificial Intelligence and Human Rights, Democracy and the Rule of Law. Strasbourg: Council of Europe, 2024. Treaty Series No. 212. 28 p.

УДК 551.781:551.352 (477.8)

СЕДИМЕНТАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ГРАВІТИТОВИХ КОЛЕКТОРІВ ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ ІНСТРУМЕНТ ДОСЛІДЖЕННЯ ЇХ ПЕРСПЕКТИВ НА ВУГЛЕВОДНІ (УКРАЇНСЬКІ КАРПАТИ)

Генералова Л.В., *к. геол. н. доцент, larysa.heneralova@lnu.edu.ua,*
Генералов А.В., *аспірант, anton.heneralov@lnu.edu.ua,*
Костюк О.В., *к. геол. н. доцент, oleksandr.kostyuk@lnu.edu.ua,*
Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна

Розглянуто використання методів седиментологічного аналізу для вивчення гравітитових палеоцен-еоценових відкладів розрізів Скибового і Бориславсько-Покутського покривів Українських Карпат. Показано, що отримані результати сприятиме ресурсній оцінці порід-колекторів на вуглеводні.

SEDIMENTATION ANALYSIS OF GRAVITY COLLECTORS AS AN INNOVATIVE TOOL FOR RESEARCHING THEIR HYDROCARBON PROSPECTS (UKRAINIAN CARPATHIANS)

Heneralova L., *Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., larysa.heneralova@lnu.edu.ua,*
Heneralov A., *PhD student, anton.heneralov@lnu.edu.ua,*
Kostyuk O.*, Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., oleksandr.kostyuk@lnu.edu.ua,*
Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine

The use of sedimentological analysis methods for studying gravity Paleocene-Eocene deposits of the Skybovy and Boryslav-Pokutsky sections of the Ukrainian Carpathians is considered. It is shown that the obtained results will contribute to the resource assessment of hydrocarbon reservoir rocks.

Постановка проблеми. Питання розбудови енергетичної бази України, і зокрема Українських Карпат, залишається важливим для економіки держави. Однією з нагальних завдань геологічної галузі розглядають приріст запасів вуглеводнів, який може здійснюватися, або завдяки розробці нових родовищ, або шляхом уточнення геологічної будови відомих на вуглеводні площ і родовищ [8]. За другого напрямку доцільним є застосування актуальних інноваційних підходів розгляду порід-колекторів сучасними методами седиментаційного аналізу.

Аналіз попередніх досліджень. Умови та процеси формування флішу Українських Карпат з використанням інноваційних методів седиментаційного аналізу, розглядались, починаючи з 60-х років минулого століття в роботах дослідників карпатського регіону. В цей же час розвиваються дослідження з конкретизації віку та палеобатиметрії осадконагромадження стратонів північного схилу Карпат [5].

Вивчення флішових утворень Українських Карпат дало змогу використати сучасні теоретичні уявлення і методичні прийоми та зіставити їх з осадами приконтинентальних областей [4]. Відповідно до існуючих уявлень флішові утворення нагромаджуються внаслідок седиментаційних процесів, зумовлених дією сил гравітації і породжених гравітаційних потоків. Процеси седиментації флішових утворень консервуються певними різновидами осадів, які відомі як літодинамічні (генетичні, фаціальні) типи. Вони розрізняються головно структурно-текстурними ознаками. Виокремлюють декілька груп літодинамічних типів відкладів. Одна група – осади субвертикальних потоків типу «частинка за частинкою», представлені пелагітами і геміпелагітами – належить фоновим відкладам. Друга група – осади епізодичних гравітаційних потоків (гравітити: турбідити, грейніти, дебрити, олістостроми) – перевідкладені [3–5]. Ще одна група представлена відкладами придонних вздовжсхилових течій – контуритами [3–5]. Гравітити є подієвими утвореннями. Фонові і епізодичні відклади ритмічно-циклічно перешаровуються і акумулюються в позашельфових обстановках.

Мета дослідження полягає в аналізі седиментологічних особливостей палеоцен-еоценових утворень Скибового і Бориславсько-Покутського покривів, уточненні

палеодинамічних умов їх осадконакопичення, аналізі потенційного ресурсу псамітових палеоцен-еоценових порід-колекторів на вуглеводні

Матеріали і методи досліджень. Підґрунтя дослідження склали оригінальні дані з використанням актуальних методик седиментологічного аналізу [3, 6, 7, 11], літературні джерела [4, 5], картографічні матеріали. Для еволюції розумінь палеогеодинамічного становлення території вивчення використана тектонічна схема і модель геологічної розвитку Українських Карпат з позицій тектоніки плит, складена О.М. Гнилком [4, 5], та матеріали плейттектонічних побудов сусідньої територій складчасто-покривної системи Альпи-Карпати-Дінариди.

Геологічна позиція. Район досліджень знаходиться у межиріччі Дністер та Свіча у Скибовому та Бориславсько-Покутському покривах. У стратиграфічному розрізі структурних одиниць спостерігається згідне залягання на тонко-середньоритмічному фліші стрийської світи масивних і товстошаруватих світло-сірих, жовтуватих пісковиків середньо-верхньопалеоценової ямненської світи. Ямненська світа нарощується зеленкувато-сірим тонко-середньоритмічним флішем нижньоеоценових (верхній танет–нижній іпр) утворень манявської світи [4, 5]. Їх перекривають псаміти нижньо-середньеоценової (верхній іпр-лютет) вигодської світи. В підошві ямненської та манявської світ спостерігаються строкатоколірні горизонти представлені тонкоритмічними флішем.

Отримані результати, їх обговорення. Виконані седиментологічні дослідження сприяли виокремленню літодинамічних типів названих світ і вивченню їх структурно-текстурних і речовинних рис. Увага була зосереджена на псамітах як імовірних породах-колекторах. За виконаними роботами вивчені літодинамічні типи псамітового модуля ямненської світи належать підводно-осувним (олістостромовим) відкладам, грейнітам, дебритам, грубозернистим турбідитам, утворенням розжижених та флюїдизованих потоків. В горішній частині турбідитів, грейнітів, утворень розжижених та флюїдальних потоків відмічено конкреційні піщані стяжіння трьох різновидів. З грейнітами та дебритами пов'язані відокремлені тіла з текстурами снігової кулі з довжиною діаметра до 1,5–2,0 м. Виявлені кулеподібні стяжіння та тіла, вірогідно, входять до складу сейсмітів. Крім того спостерігаються окремі олістоліти, які тяжіють до систем підводно-осувних комплексів. Переважна більшість вивчених літодинамічних типів ямненської світи мають неупорядковані хаотичні структури.

Пісковики тонко-середньоритмічного флішу манявської світи, за нашими і попередників даними [3–5], характеризується елементами цикліту Боума T_{ab}, $T_{bc,}$ $T_{bcde..}$ Потужність циклітів змінюється від перших см до 0,7–0,8 м; в середньому вона становить 0,2–0,5 м. Породи часто демонструють сильне скременіння. В підошві відносно потужніх циклітів наявні строкатоколірні аргіліти (потужністю від перших метрів до 10–12 м), або вишнево-червоні або зеленкувато-сірі аргіліти. У верхній частині світи зустрічаються шари сірих та темно-сірих халцедонолітів (силіцитів) потужністю до 0, 01–0,3 м. Вони разом з кременистими аргілітами, дрібнозернистими кварцитоподібними пісковиками та скрем'янілими вапняками формують пачки середньо- і тонкоритмічного флішу – потужністю перші десятки метрів. Пісковики з упорядкованими структурами належать середньо- і дрібнозернистим турбідитам з елементами цикліту Боума T_{bcd}. До порід з упорядкованими структурами належать скісношаруваті контурити.

Мінералого-петрографічне вивчення літодинамічних типів пісковиків ямненської та манявської світ виявило декілька їх петротипів. Різновиди псамітів добре розрізняються за гідродинамічними параметрами потоків, що сприяли їх акумуляції, і закарбовані у текстурі. У дослідженні оптичне вивчення виконане для пісковиків сформованих гравітаційними (в тому числі турбідитними) течіями з структурно-текстурні елементи цикліту А. Боума $T_{abcde.}$ Для цикліту типовою є зміна гранулометричного складу уламків згідно прямій градації від підошви до покрівлі. Такий розподіл уламкового матеріалу у шарі турбідиту відбивається на їх діагностичній рисі щодо чіткості межі підошви і покрівлі.

Нашими та інших дослідників даними [1–2] усереднені петрографічні ознаки пісковиків ямненської та манявської світ з елементами цикліту T_{bcd} характеризують їх, як слабосортовані псамітові (для елементів T_{bc}) та добре сортовані алевропсамітові (для елементу T_d) породи. Каркас пісковика містить уламковий матеріал на 90% представлений зернами кварцу, що мають напівобкатані і кутуваті форми, розміром від 0,02 до 0,7 мм. Трапляються уламки кварцю та кременів дрібнопсефітової розмірності, які надають породі пудингової текстури. Зерна кварцю часто кородовані, регенеровані або тріщинуваті [1–2]. В пісковиках виявлено дві генерації глауконіту : алогенний та аутигенний. Цемент глинисто-кременистий іноді з глауконітом або хлоритом може займати до 30 % об'єму породи. Типи цементації пісковиків контактово-поровий та базальний. На класифікаційній діаграмі піщаних порід за складом уламків пісковики відповідають кварцовим граувакам.

У долішніх інтервалах цикліту Боума T_a псамітів світ зустрічаються пісковики зі слабковираженою градаційною, масивною, іноді горизонтальною, текстурами. Розміри уламків каркасу коливаються розмір від 0,03 до 2,7 мм. Обточеність уламків не перевищує 2 балів за п'ятибальною шкалою окатаності. Пісковики погано сортовані або несортовані. В них уламковій складовій належить 75 % об'єму породи, решта 25 % припадає на цемент. За мінералого-петрографічним складом каркас пісковика складається з уламків гірських порід (літоїдів) на 45 %, мінералів (польові шпати – 5 %, кварц – 15 %) на 20 %. Детрит фауністичних решток та зрідка крупні форамініферами становлять перші відсотки. Серед літоїдів визначено кварцити, зелені та червоно-фіолетові метаморфічні сланці, фтаніти, пісковики, кременисті алевроліти, аргіліти, мергелі, вапняки, тощо. Цемент – глинисто-кременистий, силіцитовий, часто з хлоритом, має базальний тип цементації. Часто співвідношення каркасу (уламкового матеріалу) до матриксу (цементу) дає змогу підкреслити що цементуюча речовина займає від 10 до 30% об'єму породи. На класифікаційній діаграмі піщаних порід за складом уламків досліджені породи потрапляють у поля граувак та аркозо-граувак (кварцові грауваки, полевошпатові грауваки).

У скісношаруватих контуритах структура порід алевритова та алевропсамітова. Уламковий добре сортований та обкатаний кварцовий каркас заповнює об'єм породи на 95 %. Уламки каркасу упорядковані та фракційовані згідно до панівної скісної текстури потокового типу. На цемент припадає меньше 5 % суттєво кременистої речовини з поровим типом цементації.

Оптичні методи діагностики пісковиків світ сприяли диференціації петротипів пісковиків з упорядкованими і неупорядкованими структурами. До упорядкованих ми відносимо турбідити з інтервалами цикліту Боума T_{bcd} та контурити. Неупорядковані структури зустрінуті в турбідитах з елементами цикліту Боума $T_{a..}$ До них відноситься пісковики з рудним цементом, які формують рудні пласти у строкатоколірних горизонтах.

Гравітити, які належать підводно-осувним відкладам, грейнітам, дебритам, грубозернистим турбідитам, характеризуються хаотичними неупорядкованими структурно-текстурними елементами. Часто для них типовий пористий тип цементації. Гравітити представляють собою потужні тіла, які мають анізотропію властивостей, що робить їх перспективними колекторами, зокрема на вуглеводні.

Результати робіт щодо палеоокеанографічних процесів седиментації відкладів ямненської і манявської світ, реконструйовані сучасними дослідниками за форамініферовими асоціаціями і екологічними чинниками [3–5] та отримані нами дані, вказують на умови формування відкладів морському басейні нормальної солоності на глибинах нижньої батіалі–абісалі поблизу або нижче рівня карбонатної компенсації. Сюди глибоководні гравітитові (і турбідитні) течії у вигляді конусів виносу (фенів) транспортували теригенний матеріал. Епізодичні дії гравітитових (турбідитових) потоків частково розмивали фонові (гемі)пелагіти та контурити. Виявлені особливості породних розрізів ямненської та манявської світ формувались на північно-східній окраїні Зовнішньокарпатської залишкової акваторії океану Тетіс в умовах палеоцен-еоценового

тектонічного циклу, який характеризувався перманентним посиленням тектонічної активності, яка була викликана субдукцією основи Карпатського флішевого басейну під Тисію-Дакію.

Особливості генетичної природи палеоцен-еоценових гравітитів знаходять свій відбиток у сучасних поверхневих процесах, які розвиваються по подієвими псамітовими породами. Виконане детальне вивчення морфодинамічних процесів в межах скельного масиву “Камінь” історико-культурного заповідника “Тустань” свідчать, що особливості будови літодинамічних типів зокрема палеоценових ямненських утворень породжують такі мікро- і мезопроцеси на стінках скельного масиву “Тустанський” Камінь : розмокання, дезінтеграція поверхні, десквамація, лускування, лункування, сотове звітрювання, літогенетична тріщинуватість, гравітаційна каскадна складчастість [10], – які свідчать про неоднорідність внутрішньої будови порід. Особливості прояву зазначених поверхневих процесів демонструють диференціацію структурно-текстурних рис гравітитів ямненської світи, а отже потребують уваги до їх подальшого дослідження з метою експрес-аналізу колекторських властивостей цих порід.

Висновки. Сучасні седиментаційні дослідження відслонень ямненської і манявської світ дають змогу підкреслити, що вивчення структурно-текстурних та речовинних ознак за виконистання інноваційних підходів седиментаційного аналізу порід-колекторів палеоцену-еоцену Скибового та Бориславсько-Покутського покривів, відкривають нові перспективи на вуглеводний потенціал площ і родовищ, згідно до емпіричного використання сучасної геологічної парадигми, орієнтованої на збільшення промислових запасів вуглеводнів, насамперед покладів традиційних джерел [9].

Список використаних джерел:

1. Гавришків Г.Я. Мінералого-петрографічні особливості палеогенових відкладів Берегової і Орівської скиб Українських Карпат в аспекті їх нафтогазоносності: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геол. наук : спец. 04.00.17 “геологія нафти і газу”. Львів, 2019. 24 с.
2. Гаєвська Ю.П. Літолого-фаціальні особливості еоценових відкладів Бориславсько-Покутської зони Передкарпатського прогину на передових скиб Скибової зони Українських Карпат у зв’язку з їх нафтогазоносністю: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геол. наук : спец. 04.00.17 “геологія нафти і газу”. Львів, 2019. 24 с.
3. Гнилко О. М. Про седиментаційні процеси формування флішевих відкладів Українських Карпат. Зб. наук. праць Ін-ту геологічних наук НАН України. Київ, 2010. Вип. 3. С. 32–37.
4. Гнилко О. М. Геологічна будова та еволюція Українських Карпат : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра геол. наук : спец. 04.00.01 “загальна та регіональна геологія”. Львів, 2016. 46 с.
5. Гнилко О., Гнилко С., Кулянда М., Марченко Р. Тектоно-седиментаційна еволюція передової частини насувної споруди Українських Карпат. Геологія і геохімія горючих копалин. 2021. №1–2 (183–184). С. 45–59. https://doi.org/10.15407/ggcm2021.01-02.045
6. Einsele G. Sedimentary Basins: evolution, facies and sediment budget. Berlin: Springer Verlag, 1992. 615 p.
7. Lowe D.R. Sediment gravity flows**;** II, Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. J. Sediment. Pet., 1982. Vol. 52. P. 279–297. https://doi.org/10.1306/212F7F31-2B24-11D7-8648000102C1865D
8. Паюк С.О., Литвинюк С.Ф., Багрій І.Д. Збалансоване формування мінерально-сировинної бази критичній/стратигічних корисних копалин та їх оцінка (верифікація) як пріоритет геологічної галузі України. 2025. №2. С. 3–5. https://doi.org/10.31996/mru.2025.2.3-5
9. Чепіль П.М., Лазарук Я.Г., Ружевич В.І., Гарасим С.В., Михайловський І.З. Шляхи прискореного нарощування промислових запасів вуглеводнів в Україні. Мінеральні ресурси України. 2025. №2. С. 54–59. https://doi.org/10.31996/mru.2025.2.54-59
10. Bayrak G., Heneralova L. Sedimentary markers of modern morphodynamic processes on the sandstone tor "Kamin" (village Urych, Eastern Beskydy, Ukrainian Carpathians). Geodynamics. Vol. 1(36) 2024: 46–62 https://doi.org/10.23939/jgd2024.01.046
11. Posamentier H.W., Walker R.G. Deep-Water Turbidites and Submarine Fans Facies Models Revisited. SEPM Special Publication. 2006. No. 84. P. 1–122.

УДК 553.93: 551.735.1(477.8)

ВПЛИВ ОСНОВНИХ ЧИННИКІВ НА ФОРМУВАННЯ МОРФОЛОГІЇ ВУГІЛЬНОГО ПЛАСТА υ_6 ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОГО БАСЕЙНУ

Матрофайло М.М.[1], *к. геол.-мін. н., с. н. с., mmatrofaylo@gmail.com;*
Король М.Д.[2], *kmikola911@gmail.com;*
1 – Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна,
2 – Відділ «Геологорозвідувальна експедиція» ВП МПУ ДП «Львіввугілля», Володимир, Україна

Викладено результати вивчення морфології основного серпуховського вугільного пласта υ_6 робочої потужності глибоких горизонтів Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. Визначено дельтовий тип торфонакопичення. Наведено особливості формування вугільного пласта в дельтовій обстановці та значний вплив на цей процес палеогідрографічних систем. Найбільш сприятливі умови для утворення пласта υ_6 існували у пригирлових частинах субаеральної дельти, на просторах між річищами палеогеографічних систем.

Схарактеризовані морфоструктурні і морфогенетичні особливості та промислове значення пласта υ_6 в цілому на території і на окремих родовищах та ділянках басейну. Найбільш придатними для промислової розробки є центральна і південно-західна частини басейну, які розташовані у внутрішній зоні Львівського палеозойського прогину (Забузьке і Межирічанське родовища), де на значних ділянках пласт має стійкий розвиток і робочу потужність.

Важливе наукове і практичне значення проведених досліджень полягає у пізнанні загальних процесів торфонагромадження, зокрема, дельтового типу, та прогнозі вугленосності і промисловій оцінці вугільних пластів, зокрема пласта υ_6, які залягають на великих глибинах.

THE INFLUENCE OF THE MAIN FACTORS ON THE FORMATION OF THE MORPHOLOGY OF THE COAL SEAM υ_6 OF THE LVIV-VOLYN COAL BASIN

Matrofailo M.[1], *Cand. Sci. (Geol.), Senior Research Scientist, mmatrofaylo@gmail.com;*
Korol M.[2], *kmikola911@gmail.com;*
1 – Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine,
2 – Department «Geology Exploration Expedition» of the separate subdivision of the assembly and routing management of the State Enterprise "Lvivvuhillya", Volodymyr, Ukraine

The results of studying of the morphology of the main Serpukhovian coal seam υ_6 of the working capacity of the deep horizons of the Lviv-Volyn coal basin are presented. The deltaic type of peat accumulation is determined. The features of the formation of the coal seam in a deltaic environment and the significant influence of paleohydrographic systems on this process are presented. The most favourable conditions for the formation of the υ6 seam existed in the mouth parts of the subaerial delta, in the spaces between the rivers of paleogeographic systems.

The morphostructural and morphogenetic features and the industrial significance of the υ_6 seam in general on the territory and in individual deposits and sections of the basin are characterized. The most suitable for industrial development are the central and south-western parts of the basin, which are located in the inner zone of the Lviv Paleozoic trough (Zabuzke and Mezhyrichanske fields), where the reservoir has stable development and working capacity in significant areas.

The important scientific and practical significance of the conducted research lies in the knowledge of general processes of peat accumulation, in particular, of the delta type, and the forecast of coal content and industrial assessment of coal seams, in particular the υ_6 seam, which lie at great depths.

Вступ. До глибоких горизонтів належать частини розрізу вугленосної товщі Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну (ЛВБ), які містять вугільні пласти розташовані нижче пластів вугілля що сьогодні розробляються. Вирішення проблеми вивчення вугільних пластів глибоких горизонтів насамперед має значення для продовження роботи діючих шахт. Як показали дослідження [1] в межах глибоких горизонтів басейну робочої потужності досягають пласти υ_0^3, υ_0^4, υ_2, υ_4, υ_4^3, υ_5^4, υ_5^6, υ_6, n_0^6. Загалом у цих відкладах пласт υ_6 є основним промисловим пластом, який зберігає робочу потужність на значних площах. Промислова

розробка таких пластів є одним з актуальних і перспективних напрямків подальшого розвитку басейну.

Мета роботи – на основі детального вивчення морфології вугільного пласта v_6, літолого-фаціального складу і умов утворення вугленосних відкладів та палеопотамічного аналізу вугленосних відкладів визначити його морфоструктурні особливості, умови формування та промислове значення на території басейну з огляду освоєння глибоких горизонтів і розширення промислової вугленосності Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну.

Методика дослідження. Основні положення методики дослідження застосовані у ЛВБ викладені у роботах [2–6 та ін.]. Слід зазначити, що використовувана методика складається з двох основних частин. Перша включає великомасштабне (1 : 25 000) картування морфології вугільних пластів, складання літолого-стратиграфічних профілів, деталізованих морфологічних розрізів і карт морфології вугільних пластів середнього масштабу (1 : 100 000). Друга – палеогеографічне картування в масштабі 1 : 100 000, яке полягає у докладному літогенетичному описі розрізів, складанні літогенетичних і фаціальних профілів та палеогеографічних карт тощо.

Морфологічні особливості пласта. Серед усіх вугільних пластів басейну пласт v_6 має найбільшу площу поширення, яка у загальному складає 2910 км^2 (в тому числі з робочою потужністю – 270 км^2), що свідчить про існування дуже сприятливих умов для утворення палеоторф'яників, які займали великі території на початку його формування. Він залягає у нижній (болотно-морській) вугленосній підформації серпуховського ярусу нижнього карбону, розташовується в іваничівській світі в 12–15 м нижче маркуального вапняку N_1 і в 200–250 м нижче основних промислових вугільних пластів ($n_7^н$–n_9), що розробляються діючими шахтами Червоноградського і Нововолинського вуглепромислових районів.

Для нього характерні невитриманість за площею, значні зміни потужності, складна будова, розщеплення, виклинювання, розмиви, заміщення тощо (рис. 1, 2) [1, 7]. На основі побудованої нами карти морфологи вугільного пласта v_6 масштабу 1 : 25 000, літолого-стратиграфічних, деталізованих морфологічних розрізів і проведеної геолого-промислової типізації показано, що його потужність досягає 2,0 м і більше і відноситься до дуже тонкого, тонкого і середнього типів, а мінливість потужності змінюється від слабкої до дуже сильної. Пласт характеризується простою, середньою, складною і дуже складною будовою. Ускладнення будови і збільшення його потужності поступово відбувається у напрямі з північного сходу на південний захід, від Волинського до Любельського родовища. У межах глибоких горизонтів він особливо широко розвинений і має найбільше промислове значення на Забузькому та Межирічанському родовищах Червоноградського вуглепромислового району. На Ковельській вугленосній площі, Бубнівській ділянці і Буському родовищі пласт відсутній.

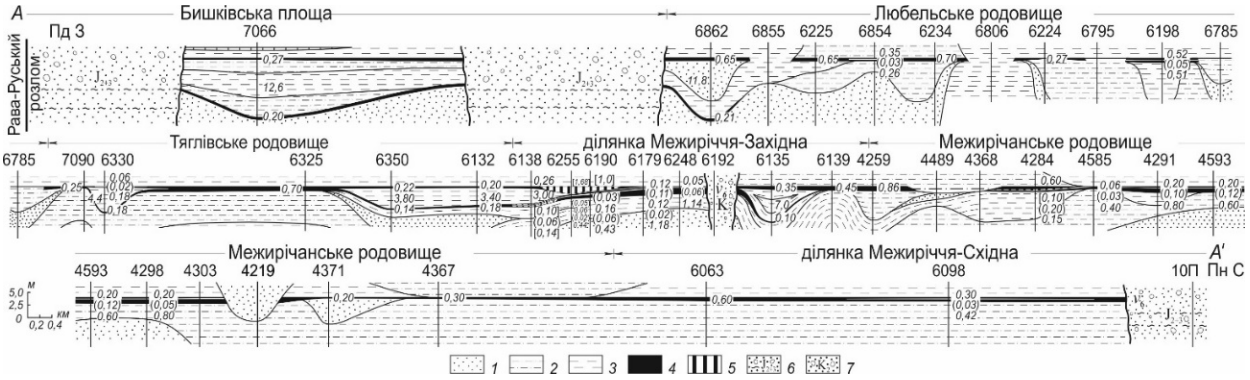


Рис. 1. Деталізований морфологічний розріз вугільного пласта v_6 ЛВБ:
1 – пісковик; *2* – алевроліт; *3* – аргіліт; *4* – вугілля; *5* – вуглистий аргіліт;
6 – відклади юрської системи; *7* – відклади крейдової системи

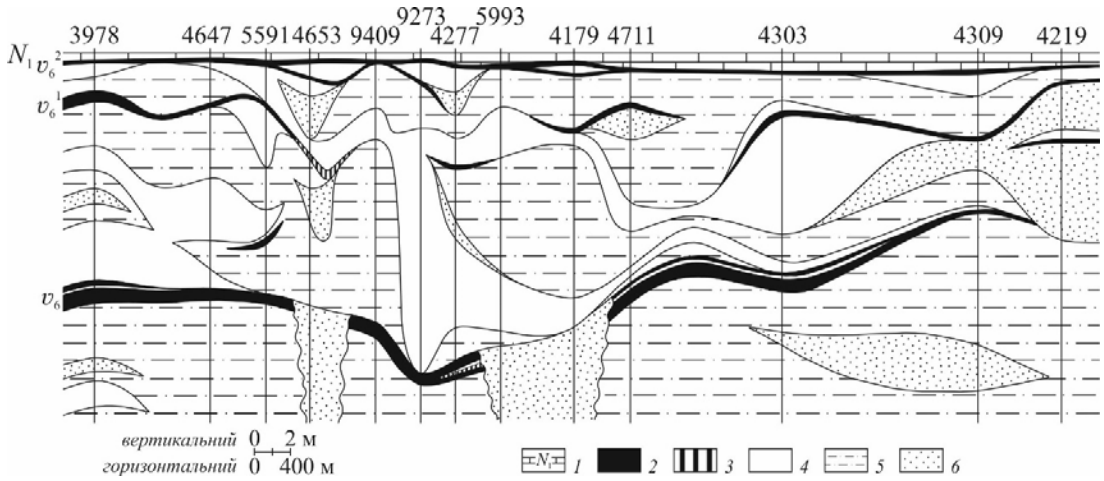


Рис. 2. Літолого-стратиграфічний профіль серпуховських відкладів інтервалу υ_6 – N_1 ЛВБ:
1 – вапняк; *2* – вугілля; *3* – вуглистий аргіліт; *4* – аргіліт; *5* – алевроліт; *6* – пісковик

Складна морфоструктура пласта υ_6 характерна для Південно-Західного вугленосного району, зокрема для Тяглівського і Любельського родовищ та ділянки Межиріччя-Західна. Саме в цьому районі він розщеплюється на дві вугільні пачки $\upsilon_6^н$ і $\upsilon_6^в$ утворюючи біфуркацію пласта. Великі поля розщеплення виділені на півдні Тяглівського родовища та на північному заході ділянки Межиріччя-Західна. Це свідчить про найбільш нестабільні умови формування пласта у даній частині басейну.

Умови формування пласта. Особливості морфології вугільного пласта υ_6 на різних площах басейну залежали від змін палеогеографічних і палеотектонічних чинників. У період формування вугленосних відкладів загальна палеогеографічна обстановка визначалася існуванням області зносу (суходолу) на схід і північний схід від сучасних меж ЛВБ (Український щит і його схили) [2, 3]. На південному заході басейну розташовувалося море. Між ними знаходилася область великих, що періодично заливалися морем (розташовувалося на південному заході басейну), низовин – Львівський тектонічний прогин з його зовнішньою (північно-східною) та внутрішньою (південно-західною) зонами, де накопичувалися вугленосні відклади. Під час утворення пласта υ_6 процеси акумуляції вихідної материнської речовини проходили по всій території басейну. У північно-східній та східній його частинах торф накопичувався у заболоченій приморській низовині (побережний тип торфонакопичення) (рис. 3).

Інші умови спостерігалися у центральній частині басейну. У цей період на території ЛВБ існувало дві великі гідрографічні системи (Дубненська та Горохово-Рівненська) [8], витоки яких розташовувалися в області Українського щита, а їх низини (південно-західні) – в області Львівського прогину, звідки в північно-східному напрямку відбувалися трансгресії моря. Під час утворення вугільного пласта υ_6 місцевість являла собою субаеральну заболочену дельтову рівнину, сформовану Дубненською та південною гілкою Горохово-Рівненської систем, що фіксується поширенням алеврито-піщаних відкладів акумулятивних тіл (рис. 4), яка мала слабкий нахил на південний захід. Її перетинали численні річкові русла, рукави, протоки. Широко розвинена в межах субаеральної дельти річкова сітка значно впливала на умови утворення пласта.

Палеоторф’яники переважно формувалися на піднесених ділянках, розташованих між водотоками. Цим пояснюються звивисті контури торф’яних масивів, а також їх розміри та орієнтованість (див. рис. 3). У їх межах були широко розвинені синторф’яні та ранньоепіторф’яні заміщення та розмив палеоторф’яників, що не сприяло утворенню пласта

на таких ділянках. Дрібніші протоки, в межах яких не було накопичення рослинного матеріалу, існували і всередині торф'яних масивів.



Рис. 3. Палеогеографічна карта часу формування вугільного пласта v_6 ЛВБ:
1 – торф'яні болота; *2* – ділянки з найбільш сприятливими умовами для торфонагромадження; *3* – площі на яких відсутні палеоторф'яники; *4* – напрямки водотоків; *5* – площі найбільш інтенсивного зниження місцевості; *6* – заболочена приморська низовина; *7* – дельта; *8–9* – палеогідрографічні системи: *8* – Горохово-Рівнеська; *9* – Дубненська; *10* – межа палеогеографічних зон; *11* – свердловина і її номер; *12* – напрямок фаціального профілю

Розташування дельти поблизу моря також стало негативним фактором формування вугільного пласта v_6. Внаслідок трансгресії моря води проникали у знижені ділянки рельєфу. Виникали приморські озера, засолені болота з високим рівнем стояння вод, що перешкоджали зростанню рослин. Найбільш сприятливі для торфонакопичення умови існували у центральній частині торф'яних масивів, віддалених від великих річкових русел. Великі торфовища значної потужності формувалися у пригирлових частинах субаеральної дельти, розташованих на міжруслових просторах між Дубненською та Горохово-Рівненською палеогідрографічними

системами, а також у внутрішній зоні Львівського тектонічного прогину – Забузьке і Межирічанське родовища Червоноградського вуглепромислового району. У порівнянні з зовнішньою зоною прогину, що знаходиться північно-східніше, внутрішня зона характеризувалася більшою мобільністю фундаменту та інтенсивним опусканням місцевості, що сприяло накопиченню торфовищ підвищеної потужності. Конседиментаційні тектонічні рухи, а також часті коливання рівня та динаміки ґрунтових вод зумовили на цій території розщеплення пласта v_6.

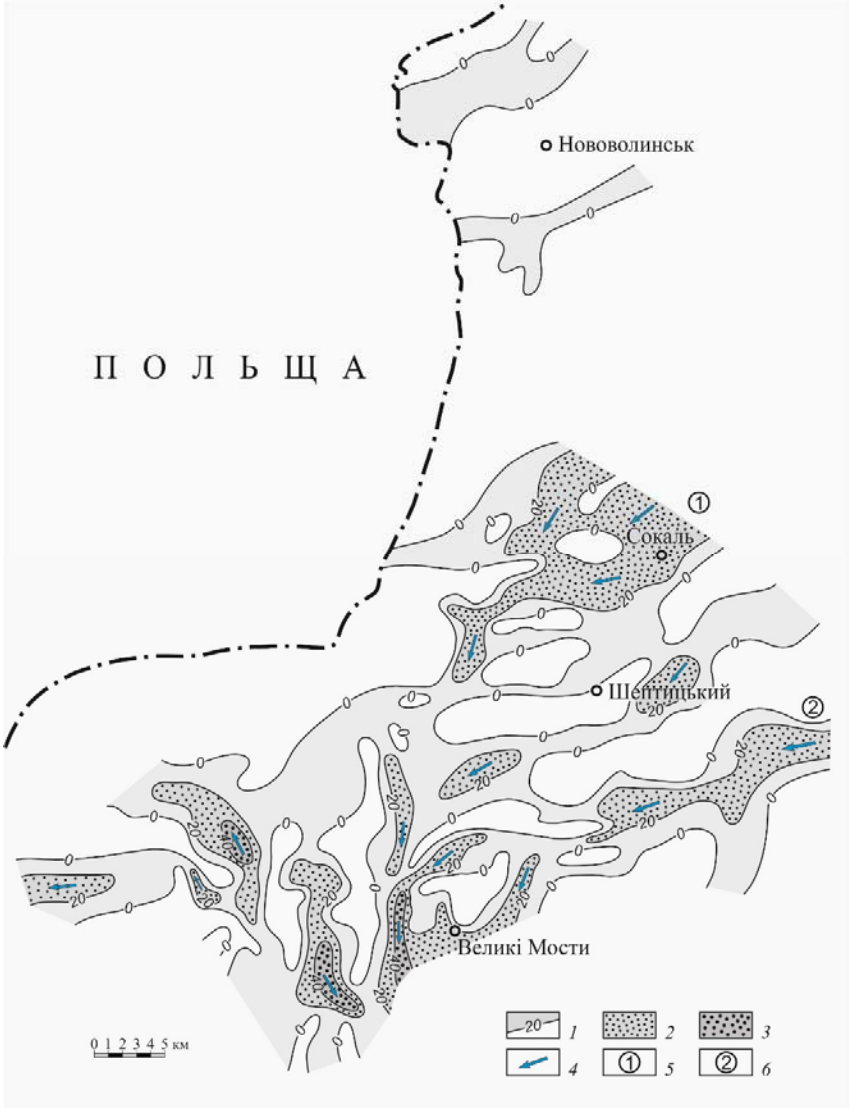


Рис. 4. Поширення алеврито-піщаних відкладів акумулятивних форм основних водотоків і напрямки палеогідрографічних течій в період формування відкладів ЛВБ в інтервалі $V_6 – v_6$:
1 – ізолінії вмісту алеврито-піщаних відкладів акумулятивних форм, %; *2* і *3* – вміст пісковиків і алевролітів, %: *2* – 20–40; *3* – більше 40; *4* – напрямки палеогідрографічних течій основних водотоків; *5* і *6* – палеогідрографічні ситеми: *5* – Горохово-Рівненська, *6* – Дубненська

Крім позитивного впливу тектонічного фактора, що визначив опускання місцевості та накопичення великих мас органічної речовини, формуванню торфовищ підвищеної потужності сприяли річкові русла, протоки, якими в область седиментації надходила значна кількість теригенного матеріалу та підтримувався компенсаційний режим седиментації. На крайньому південному заході ЛВБ (Тяглівське і Любельське родовища Південно-Західного вугленосного

району) в межах гирлової частини алювіально-дельтової рівнини, розташованої поблизу моря, умови для формування потужних палеоторф'яників ставали менш сприятливими через обмежені розміри піднесених ділянок що заболочувалися, підвищеного рівня стояння вод, зменшення тривалості торфонакопичення та поширення уздовж берегів течій. Розташування ділянок з робочою потужністю пласта має острівний характер.

Реконструйовані палеогеографічні обстановки, які існували в період формування вугільного пласта $υ_6$ в різних частинах території басейну, мають визначальну наукову і практичну значимість для подальшого пізнання особливостей його морфології і генезису.

Висновки. На основі складеної карти морфології вугільного пласта $υ_6$ території Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну в масштабі 1 : 25 000, що має важливе практичне значення у зв'язку з його запланованою розробкою шахтами Червоноградського району, досліджені особливості його морфоструктури. Найбільш придатними для цього є центральна і південно-західна частини басейну, які розташовані у внутрішній зоні Львівського палеозойського прогину (Забузьке і Межирічанське родовища), де на значних площах пласт має стійкий розвиток і робочу потужність. На окремих ділянках пласт розщеплюється утворюючи біфуркацію.

Особливості морфології вугільного пласта на різних площах басейну залежали від змін палеогеографічних і палеотектонічних факторів. У басейні встановлений дельтовий тип торфонагромадження. Пласт $υ_6$ формувався в межах субаеральної заболоченої дельтової рівнини, на піднесених ділянках, розташованих між водотоками, а найбільш інтенсивно – в центральних частинах великих торф'яних масивів віддалених від річкових палеорусел, які характеризуються найбільш інтенсивним опусканням місцевості. Розташування ділянок робочої потужності пласта має острівний характер.

Важливе наукове і практичне значення проведених досліджень полягає у пізнанні загальних процесів торфонагромадження, зокрема, дельтового типу, та прогнозі вугленосності і промисловій оцінці вугільних пластів, зокрема пласта $υ_6$, які залягають на великих глибинах.

Список використаних джерел:

1. Костик І.О., Матрофайло М.М., Шульга В.Ф., Король М. Д. Морфологія серпуховського вугільного пласта $υ_6$ і особливості його утворення. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2010. 3 – 4. С. 27–44.

2. Атлас литогенетических типов и условия образования угленосных отложений Львовско-Волынского бассейна / В.Ф. Шульга, Б.И. Лелик, В.И. Гарун и др. Киев: Наук. думка, 1992. 176 с.

3. Корреляция карбоновых угленосных формаций Львовско-Волынского и Люблинского бассейнов / В.Ф. Шульга, А. Здановски, Л.Б. Зайцева и др.; отв. ред. А.Я. Радзивилл. Киев: Варта, 2007. 427 с.

4. Матрофайло М., Костик І., Король М. Методологія вивчення морфології вугільних пластів Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. *Вісник Львів. ун-ту. Сер. геологічна*. 2015. 29. С. 18–28.

5. Матрофайло М. Щодо методики морфологічного аналізу вугільних пластів Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. *Вісник Львів. ун-ту. Сер. геологічна*. 30. 2016. С. 159–164.

6. Матрофайло М. Застосування морфологічного аналізу вугільних пластів у Львівсько-Волинському басейні. *Вісник Львів. ун-ту. Сер. геологічна*. 2017. 31. С. 56–66.

7. Матрофайло М.М. Морфоструктура вугільного пласта $υ_6$ серпуховських відкладів Червоноградського геолого-промислового району Львівсько-Волинського басейну. *Доповіді АН Української РСР*. 1991. 2. С. 67–71.

8. Шульга В.Ф., Знаменская Т.А. Карбоновые реки Львовско-Волынского бассейна и их связь с тектоникой. *Геологічний журнал*. 1995. 2. С. 36–40.

UDC 620.92:504.05(560)

WIND ENERGY: PROSPECTS AND ENVIRONMENTAL RESTRICTIONS (BASED ON THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF TÜRKİYE)

Lopushanska M. [1], *mariialopushanska@gmail.com,*
Copçuoğlu O. [2], *PhD, onur.copcuoglu@eksim.com.tr;*
Altınbaş O. [2], *orcun.altinbas@eksim.com.tr,*
1– PhD, Zakhidnadraservice LLC, Lviv, Ukraine,
2 – Eksim Enerji, İstanbul, Türkiye,

Wind energy is a key renewable source, and Ukraine plans to raise its wind power capacity to 140 GW by 2050. Türkiye's experience highlights the importance of environmental considerations in such projects. This study uses analysis, mapping, and data from the Wind Energy Potential Atlas of Türkiye (REPA), created in 2007 from meteorological data and WRF modeling. REPA accurately identifies suitable sites by accounting for topography and local effects, estimating a national wind potential of about 47,850 MW and allowing 5 MW per km² where average wind speeds exceed 7.5 m/s.

Türkiye's national energy strategy focuses on diversifying supply routes, strengthening energy security, expanding domestic and renewable generation, and addressing social and environmental impacts. Environmental Impact Assessment (EIA) is mandatory: projects with 20 or more turbines or over 50 MW require a full EIA, while those with 5 or more turbines or 10–50 MW follow a simplified process.

All lifecycle stages—construction, operation, and decommissioning–demand careful management of noise, dust, erosion, water contamination, and impacts on wildlife. Mitigation measures include low-noise turbines, habitat monitoring, spill prevention, and land restoration.

As of May 2025, Türkiye operates 381 wind farms with a total installed capacity of 13,391 MW. A leading example is Eksim Enerji, which runs eight wind farms totaling 570.5 MW and prevents over one million tons of CO_2 emissions annually by generating around 1.9 billion kWh of clean electricity.

Introduction. Wind energy is one of the most important renewable energy sources. Every year, more and more countries are setting strategic goals to increase the installed capacity of wind energy projects. In Ukraine, the development of wind energy is one of the priority goals for the upcoming decades. In particular, it is planned to increase the installed capacity of wind power plants to 140 GW by 2050 [6]. When developing wind energy projects, it is necessary to consider not only the economic potential and possibilities for connecting to the grid, but also environmental restrictions. We will consider the specifics of taking environmental restrictions into account during the design and operation of wind energy projects on the example of the Republic of Türkiye.

The purpose of the study: to examine and analyse Türkiye's experience in taking environmental restrictions into account when implementing wind energy projects.

Methods. This study uses general scientific methods, mapping and analysis. Wind Energy Potential Atlas of Türkiye (REPA) provides high-resolution data at a 200-meter scale, incorporating topography and local effects into calculations. It is based on meteorological data—such as wind speed, direction, temperature, and pressure—generated by the WRF (Weather Research and Forecast) model, which operates at a 5 km resolution. Using flow models and GIS software, the atlas identifies suitable areas for wind energy development by excluding zones where wind power cannot be utilized.

According to REPA based data 5 MW capacity of wind farm can be installed per square kilometer in regions with average wind speeds of 7.5 m/s or higher at 50 meters above ground level is assumed and . Türkiye's total wind energy potential has been estimated at 47850 MW accordingly. [4].

Results: Türkiye's energy vision is centered on strengthening supply security, supporting global stability, and building its role as a regional hub. The strategy focuses on [5]:

- diversifying oil and gas routes and sources;
- enhancing regional and global energy security;
- establishing Türkiye as a trade center in energy;
- promoting sustainability by addressing social and environmental impacts;
- expanding domestic and renewable power generation;

• integrating nuclear energy into the national mix.

Türkiye prioritizes the growth of renewable energy. Since adopting its National Energy Policy in 2017, boosting domestic and renewable resources has been a key goal. By 2024, renewables made up 59% of Türkiye's installed power

Türkiye developed its Wind Energy Potential Atlas (REPA) (Fig.1) in 2007 to map wind resources and support renewable energy planning. REPA, based on detailed meteorological data and GIS modelling, identifies areas suitable for wind farms with high accuracy. Calculations show that Türkiye's wind energy potential reaches about 47,850 MW. REPA enables investors and planners to quickly locate viable sites, conduct pre-feasibility studies, and make data-driven decisions, saving both time and resources.

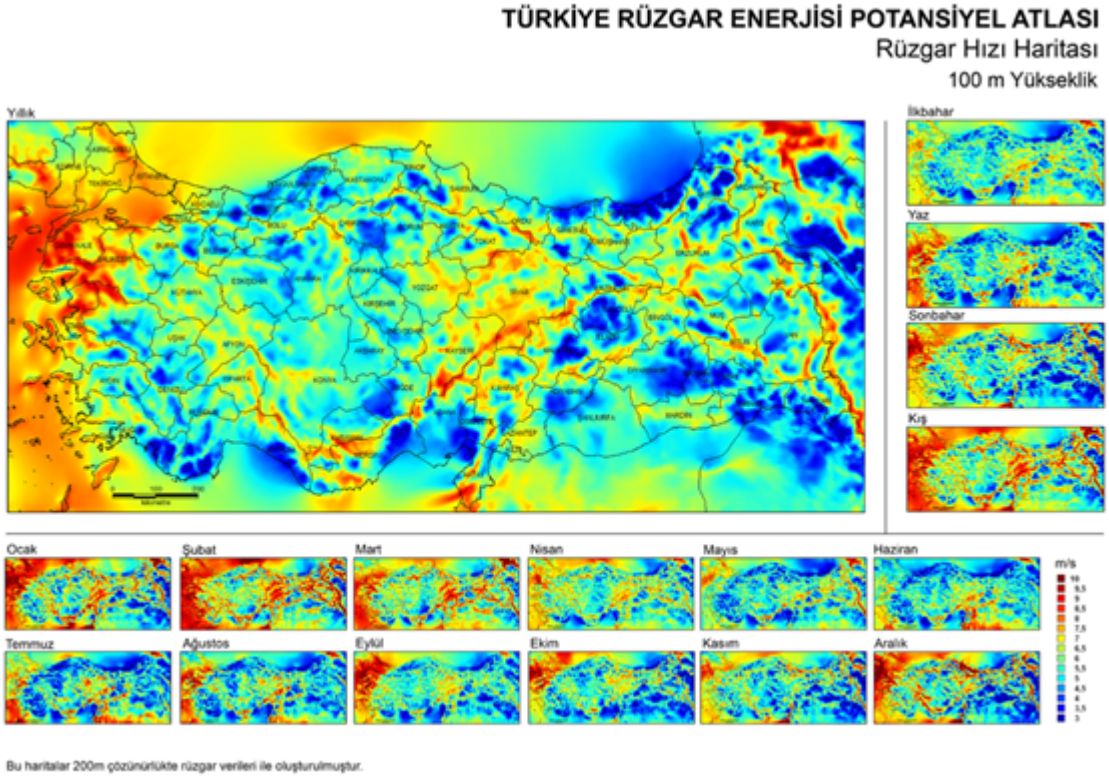


Fig. 1. Average annual wind speed at a height of 100 m, m/s [4]

According to Turkish legislation, wind energy projects are subject to mandatory environmental impact assessment. The basic principles of EIA are set out in the EIA Regulations (Çevresel etki değerlendirmesi yönetmeliği) [2]. In particular, Appendix 1 contains a list of activities subject to EIA. Wind farms with 20 or more turbines or an installed capacity of 50 MW or more are subject to the EIA procedure. Also, Appendix 2 of this Law contains a list of projects to which the selection and evaluation criteria apply (the lower limits specified in Appendix 1 are considered upper limits in this list). Wind farms with 5 or more turbines or an installed capacity of 10 MW to 50 MW are listed in Appendix 2 of this law.

Wind energy projects impact various environmental components at each stage of their lifecycle: construction, operation, and decommissioning. While wind energy offers significant climate benefits, proper management is essential to minimize local environmental risks.

Construction Phase: Temporary land-use changes may lead to soil erosion, compaction, and potential contamination from fuels or chemicals. Dust and emissions from machinery can degrade air quality, while construction noise and vibration may disturb both communities and wildlife. Surface and groundwater may be affected by sediment runoff or accidental spills. Ecosystems face habitat disruption, fragmentation, and introduction of invasive species. Offshore works may disturb marine life through underwater noise. Socioeconomic concerns include health impacts from dust and noise, safety risks due to heavy equipment, and disturbances during night

operations. Waste generated includes domestic, hazardous, packaging, and excavation debris. Mitigation involves dust suppression, erosion controls, safe routing, community engagement, proper waste segregation, and spill prevention plans.

Operational Phase: Permanent land occupation continues at turbine bases and access roads. Minor emissions may occur during maintenance, alongside risks of soil or water contamination. Noise from turbine blades and gearboxes can impact residents and animals. Shadow flicker may affect sensitive receptors (homes, schools). Turbines may also cause visual impacts and interfere with telecommunications, aviation, and marine navigation. Health and safety risks include working at heights, falling ice in cold climates, and occupational hazards. Biodiversity impacts include bird/bat collisions, habitat displacement, and marine noise, though offshore structures may support marine biodiversity. Key mitigation measures include low-noise turbine design, shadow modelling, proper lighting, siting away from sensitive areas, and ongoing wildlife monitoring. Waste should be collected, stored, and disposed of according to regulations.

Decommissioning Phase: Impacts are mostly short-term—dust, noise, minor emissions, and risk of soil erosion or contamination during dismantling. Waste includes concrete, metal, and hazardous materials, which must be handled properly. Site restoration is essential: land should be returned to a condition compatible with its previous use and surrounding landscape [1].

As of May 2025, there are 381 wind power plants in Turkey with a total installed capacity of 13,391 MW [5].

An example of implementing environmental principles and complying with environmental legislation: The Turkish company Eksim Enerji. Eksim Enerji has conducted wind speed measurements across Turkey since 2000, with a total licensed capacity of over 1000 MW. The company has eight wind farms in operation in Türkiye. The installed capacity of operational wind energy power plants of the company is 570.5MW by August, 2025. In 2023, the company generated 4 per cent of the electricity produced from wind energy in Türkiye which is 1.8 billion kWh. In 2024, 1.1 million tonnes of carbon emissions were reduced by generating 1.9 billion kWh of wind energy. [3].

Conclusion. Türkiye's experience demonstrates that large-scale wind energy development can successfully combine high renewable potential with strict environmental safeguards. The Wind Energy Potential Atlas (REPA) provides precise, data-driven site selection, enabling efficient investment while avoiding ecologically sensitive zones. Mandatory Environmental Impact Assessment regulations ensure that every stage—construction, operation, and decommissioning—addresses noise, land use, water quality, biodiversity, and community concerns through monitoring and mitigation. As a result, Türkiye has achieved a total installed wind capacity of over 13 GW by 2025 while maintaining strong environmental standards. This integrated approach shows how clear legislation, accurate resource mapping, and continuous environmental management can expand renewable energy production, reduce carbon emissions, and protect natural ecosystems—offering a valuable model for other countries, including Ukraine, as they plan ambitious wind energy growth.

References:

1. Çevre ve Şehircilik Bakanlığının ÇED Alanında Kapasitesinin Güçlendirilmesi için Teknik Yardım Projesi URL: https://hlccevre.com/Pdf/ruzgar-enerji-santralleri.pdf (in Turkish)
2. Çevresel etki değerlendirmesi yönetmeliği URL: https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=39647&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5 (in Turkish).
3. Eksim Enerji URL: https://www.eksim.com.tr (in Turkish).
4. Resources. Republic of Türkiye Ministry of Energy and Natural Resources. URL: https://enerji.gov.tr/eigm-resources-en
5. Türkiye's international energy strategy. Ministry of Foreign Affairs of the Republic of Türkiye. URL: https://www.mfa.gov.tr/turkeys-energy-strategy.en.mfa
6. Ukraine's energy strategy until 2050 URL: https://vector-vs.com/blog/view/energetichna-strategija-ukraini-do-2050-roku (in Ukrainian).

УДК 550.8, 553.9

УТОЧНЕННЯ ФОРМИ СОЛЯНИХ ДІАПІРІВ ТА КАРТУВАННЯ ПРИШТОКОВИХ ПОКЛАДІВ ВУГЛЕВОДНІВ ЗАСОБАМИ СПІЛЬНОЇ ПРОСТОРОВОЇ ІНВЕРСІЇ ГРАВІМЕТРИЧНИХ, СВЕРДЛОВИННИХ І СЕЙСМІЧНИХ ДАНИХ

Петровський О.П., *д. фіз.-мат. н., професор, bipeks@gmail.com;*
Петровська Т.О., *к. фіз.-мат. н., Tetyana.Fedchenko@gmail.com;*
Оніщук О.М., *kasyanas@gmail.com;* ***Суятінов В.М.,*** *vladimir.na.wrk@gmail.com,*
ДЕПРОІЛ, Івано-Франківськ, Україна

Значна кількість родовищ Дніпровсько-Донецької западини приурочена до соляних діапірів. Однак, пошукове буріння поблизу соляних штоків пов'язано зі значними ризиками, зумовленими обмеженнями сейсмічного методу у картуванні стінок діапірів. Разом з тим, високочутливим до появи в розрізі соляних мас, є гравітаційне поле. Сучасні високоточні гравіметричні вимірювання разом з інноваційним методом тривимірного спільного вирішення оберненої задачі для даних гравіметрії, геофізичних досліджень свердловин і сейсмічних даних дають можливість не тільки уточнити форму соляного діапіру, але і закартувати скупчення вуглеводнів безпосередньо біля стінки соляного штоку, під соляним козирком та над соляним куполом. Це проілюстровано результатами для чотирьох соляних штоків у центральній осьовій частині Дніпровсько-Донецької западини. У половині випадків розмір соляних діапірів, закартований за допомогою 3D гравітаційної інверсії, був значно меншим за той, що був побудований за даними сейсморозвідувальних робіт. В різних випадках під соляним козирком поблизу соляного купола, біля стінки соляного штоку або над соляним куполом були закартовані локалізовані ділянки розущільнення порід, що картують положення комерційних покладів вуглеводнів. В межах двох з досліджуваних площ положення закартованих комерційних покладів було верифіковано бурінням семи свердловин — шістьох продуктивних і однієї сухої. Таким чином ймовірність комерційного успіху прогнозу в межах ділянки склала 100 %.

REFINING THE SHAPE OF SALT DIAPIRS AND NEAR-SALT COMMERCIAL HYDROCARBON POOLS MAPPING BY JOINT INVERSION OF GRAVITY, WELL LOG AND SEISMIC DATA

Petrovskyy O., *Dr. Sci.(Phys.-Math.), professor, bipeks@gmail.com;*
Petrovska T., *Cand. Sci. (Phys.-Math.), Tetyana.Fedchenko@gmail.com;*
Onyschuk O., *kasyanas@gmail.com;* ***Sujatinov V.,*** *vladimir.na.wrk@gmail.com,*
DEPROIL, Ivano-Frankivsk, Ukraine

Significant number of oil and gas fields in the Dnipro-Donets basin is associated with salt diapirs. Still exploration drilling beside the salt is associated with high risks because of limitations of seismic method in mapping diapir's salt walls. At the same time gravity field is highly sensitive to salt presence in geological sequence. Modern high-precision gravity measurements together with innovative method of 3D joint inversion of gravity, well log and seismic data allow not only for refining the salt shape, but also identification of hydrocarbon accumulations right beside the salt wall, under the salt wing or above the salt dome. This is illustrated by the study results for four salt domes in the central axial part of the Dnipro-Donets Basin. In half of the cases, the size of salt diapirs by 3D gravity inversion appeared to be significantly smaller comparing to that by seismic data. In different cases under the salt wing, beside the salt wall or above the salt dome there were mapped localized low-density zones corresponding to commercial hydrocarbon accumulations. Within two studied acreages the location of commercial hydrocarbon pools was confirmed by seven wells – six producing and one dry hole. Thus the success rate of the prediction of commercial hydrocarbon pools within the acreage reached 100%.

Вступ. Одні з найбільших нафтогазових родовищ Дніпровсько-Донецької западини пов'язані з соляними діапірами. Серед них Розпашнівське (видобувні запаси 52 млрд м^3 газу), Ведмедівське (49 млрд м^3), Машівське (39 млрд м^3), Чутівське (12 млрд м^3) газові родовища [1] та ін. Багато відомих покладів залягають під соляним козирком або прилягають до стінки соляного штоку. Більше того, деякі з них пов'язані з крутопоставленими приштоковими блоками порід (наприклад, Розпашнівське, Чутівське та Новоукраїнське), що часто є продуктивними лише на відстані кількох сотень метрів від стінки соляного діапіру (наприклад, Новоукраїнське родовище). Наявність соляного козирка, круте падіння стінок соляного діапіру та присольових блоків порід, різка швидкісна границя та інтенсивна розломна тектоніка довкола соляних штоків створює складнощі в отриманні кондиційної сейсмічної інформації в навколоштоковому просторі, а пошуково-розвідувальне буріння – високо ризикованим.

В той час як фізичні властивості солі є завадою при сейсмічних дослідженнях, вони є сприятливими з точки зору чутливості гравітаційного поля з огляду на різку різницю густин між сіллю та вміщуючими породами, що сприяє коректному відновленню форми солі з залученням гравіметричних даних. Новітні досягнення в інтерпретації даних гравіметрії [3, 5], що передбачають використання просторового 3D геогустинного моделювання та 3D гравітаційної інверсії в комплексі з даними сейсмічних досліджень та ГДС, дозволяють з високою точністю закартувати форму соляного штоку та виявити локалізовані зони низької густини, пов'язані з покладами вуглеводнів в приштоковій зоні (рис. 1).

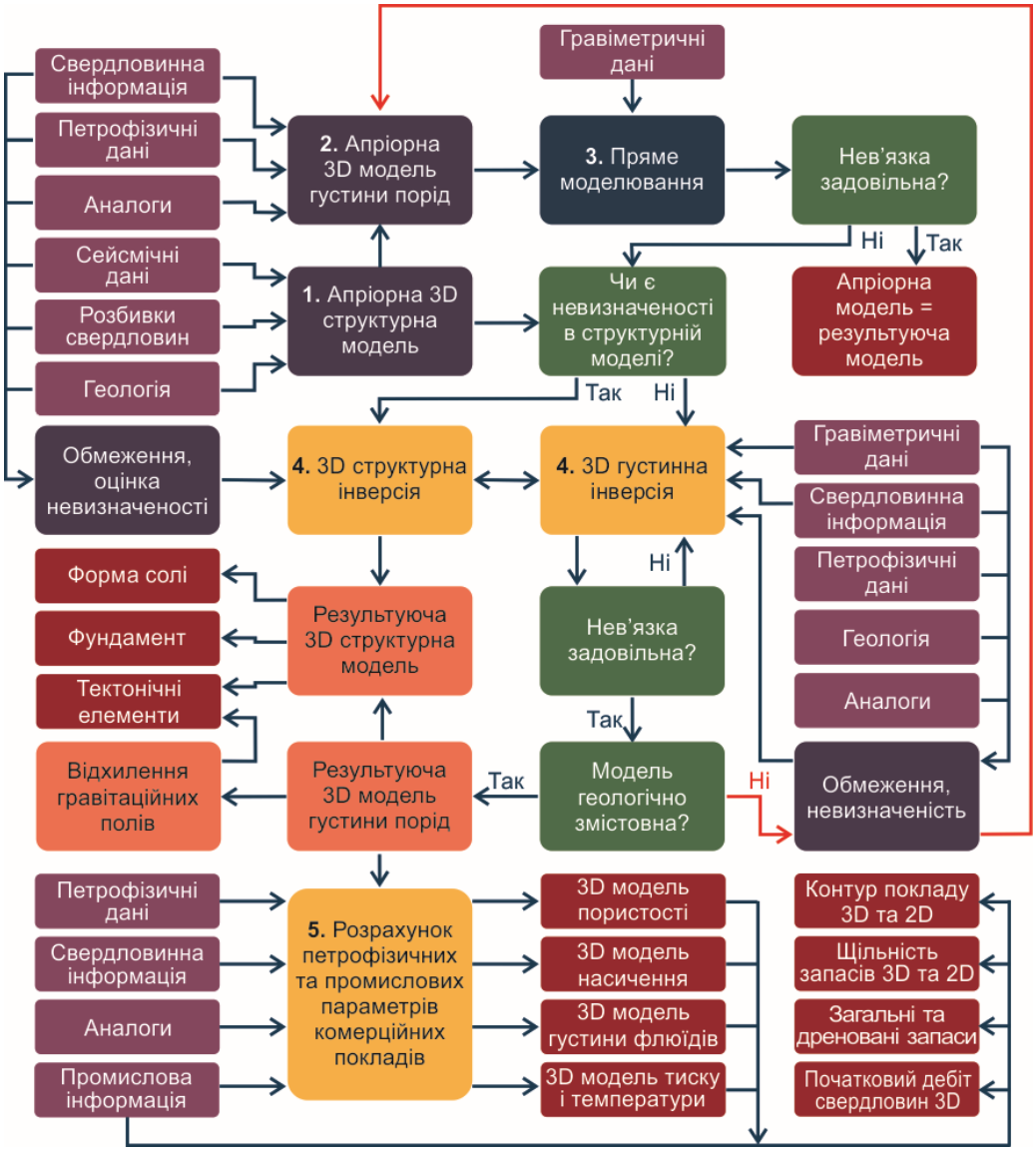


Рис. 1. Принципова схема розв'язку 3D сумісної оберненої задачі гравіметрії, свердловинних, сейсмічних та геологічних даних, а також оцінки петрофізичних властивостей та продуктивності комерційних покладів вуглеводнів

Метод. Технологія інтерпретації передбачає кількісну інтеграцію початкової геологічної та геофізичної інформації в процес розв'язку оберненої задачі, що дозволяє отримати однозначний, стійкий та геологічно-змістовний розв'язок [7]. При цьому:

– Весь комплекс наявних геолого-геофізичних даних використовується для створення початкової 3D геогустинної моделі, визначення рівня достовірності та невизначеності різних елементів моделі, а також задання геологічно-обґрунтованих обмежень на параметри моделі.

– Розв'язок оберненої задачі відбувається для всього геологічного розрізу, включаючи сіль / фундамент / поверхню Мохоровичича (для регіональних досліджень).

– Для інверсії використовується аномалія Буге з поправкою за рельєф (або аномалія Фая для морських територій).

– Використання фактичної густини порід забезпечує можливість задання фізично обґрунтованих обмежень на варіацію густини, а також послідуючий розрахунок петрофізичних параметрів розрізу.

Результати досліджень. Описана технологія була використана для вивчення чотирьох соляних діапірів в межах центральної приосьової частини Дніпровсько-Донецької западини. В усіх випадках для детального геогустинного моделювання та сумісної гравіметричної інверсії були залучені високоточні гравіметричні вимірювання по мережі 100×100 м (масштаб 1:10 000). З метою мінімізації похибок інтерполяції пункти гравіметричних вимірювань були розташовані в центрах проєкцій комірок 3D моделі на денну поверхню. Побудова 3D густинних моделей виконувалась від денної поверхні до глибини 20-25 км з метою включення соляного козирка та перекриваючого розрізу, ніжки соляного штоку, материнської девонської солі та фундаменту. Розрішення 3D моделей густини складало 100×100 метрів по латералі та змінювалось від 50 до 20 м по вертикалі.

Початковий розмір (ніжок) соляних штоків змінювався від 4,8 до 22 км за сейсмічними даними (3D сейсмічні дані в трьох випадках та 2D сейсмічні дані в одному випадку). Соляні штоки близько розташовані один від одного (8-11 км), що, очевидно, зумовлює подібність їхньої будови. Однак, результати 3D гравіметричного моделювання суттєво різняться для різних діапірів.

У двох випадках в результаті 3D гравіметричної інверсії були суттєво змінені розміри штоку (рис. 2). В обох випадках нові комерційні поклади вуглеводнів були закартовані в ділянках, які попередньо були проінтерпретовані за сейсмічними даними як частина соляного штоку. В одному випадку виявлені поклади були пов’язані з новим типом структур – переміщеними блоками перекриття соляних діапірів, які представляють новий об’єкт пошуку в Дніпровсько-Донецькій западині [5]. В межах площі пробурено дві газопродуктивні свердловини у безпосередній близькості до положення рекомендованих свердловин (рис. 3).

У двох випадках (50%) 3D модель густини підтвердила форму соляних діапірів, закартовану за сейсмічними даними. Для обох штоків за гравіметричними даними у безпосередній близькості до стінки штоку, під соляним козирком були закартовані комерційні поклади вуглеводнів. В одному із випадків, у 2012 році, додатково був закартований поклад над соляним куполом. У 2013 році в межах цієї площі були пробурені чотири свердловини, які у відкладах нижньої пермі – верхнього карбону відкрили нафтове родовище імені академіка П.Ф.Шпака (рис. 3). Також трьома свердловинами підтверджено контур закартованого у відкладах тріасу-юри газового покладу Рунівщинського родовища: двома продуктивними та однією «сухою» (рис. 4) свердловинами.

Положення нижньої кромки козирька Розпашнівського соляного штоку та параметрів закартованого біля штоку у відкладах нижньої пермі та верхнього карбону комерційного покладу вивчені бурінням двох комерційних експлуатаційних свердловин (рис. 5), які були пробурені на відстані не більше 120 м від запропонованого оптимального положення свердловин. Похибка картування підошви козирька не перевищила 60-80 м по вертикалі на глибині 3500 м. В результаті випробування в свердловинах був отриманий дебіт 63-64 тис. $м^3$ газу на добу. Дані ГДС підтвердили коректність 3D моделей пористості та насичення. Похибка прогнозу пористості (19 % за даними ГДС) – 2-3 %. Похибка прогнозу газонасичення (85 % – за даними ГДС) – 9-10 %.

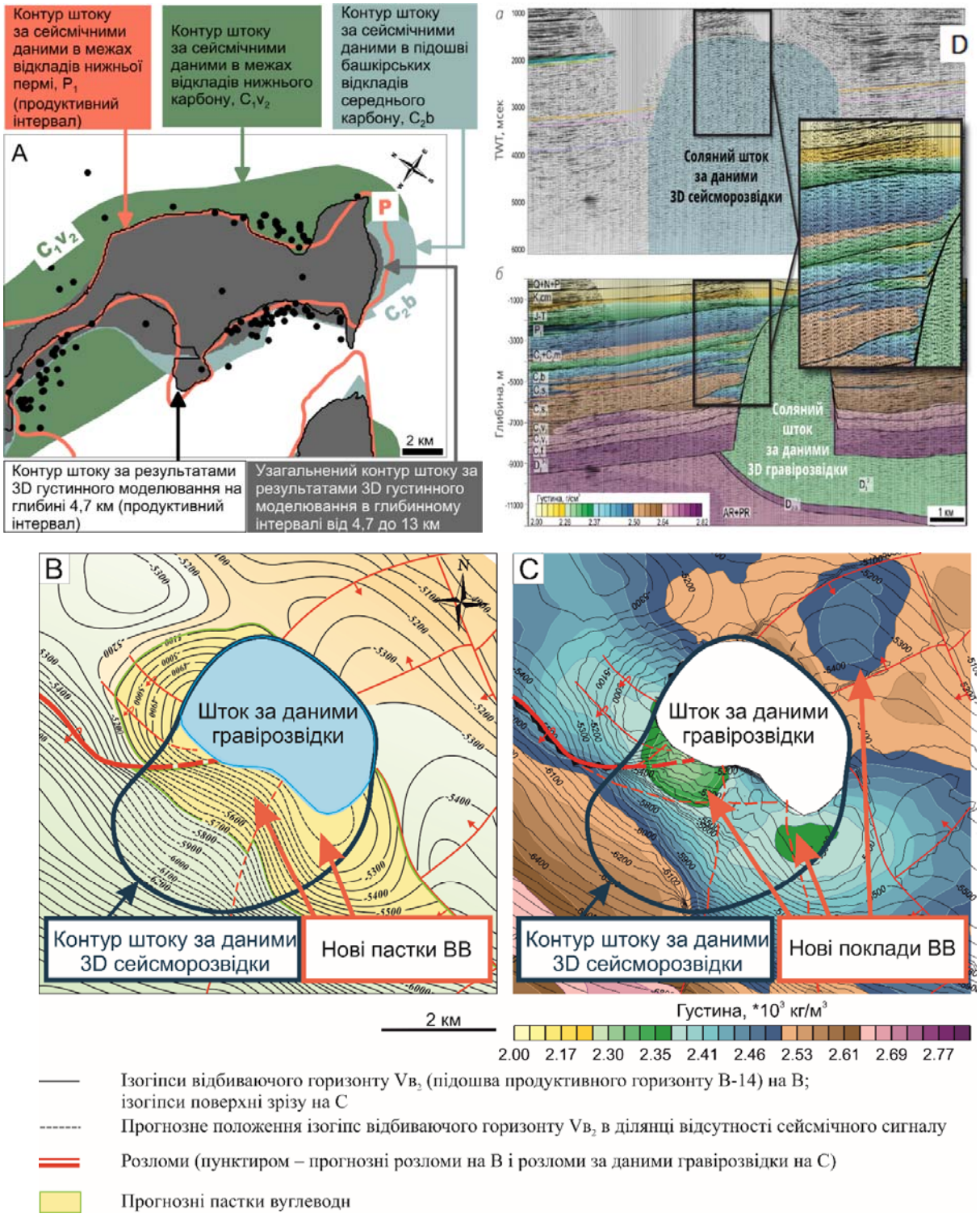


Рис. 2. Приклади соляних діапірів в ДДЗ, де розміри були суттєво зменшені за результатами 3D гравітаційної інверсії: – Розпашнівський соляний шток (А), козирьок якого добре вивчений бурінням – чорні кола. Апріорний контур штоку був побудований за даними 2D сейсморозвідки. Результати 3D структурної і неоднорідної гравітаційної інверсії показали, що розмір штоку набагато менший за апріорний, особливо на значних глибинах та у поперечному січенні відрізняється від 17 до 600%; – площа, вивчена 3D сейсмічними, гравіметричними та магнітомеричними дослідженнями – (D). В результаті геологічно-змістовної 3D гравітаційної інверсії (С) – розмір соляного штоку зменшився у три рази. Південно-західний блок, який за сейсмічними даними був проінтерпретований як соляний шток (В) представлений породами із густинами, що відповідають газонасиченим теригенним колекторам

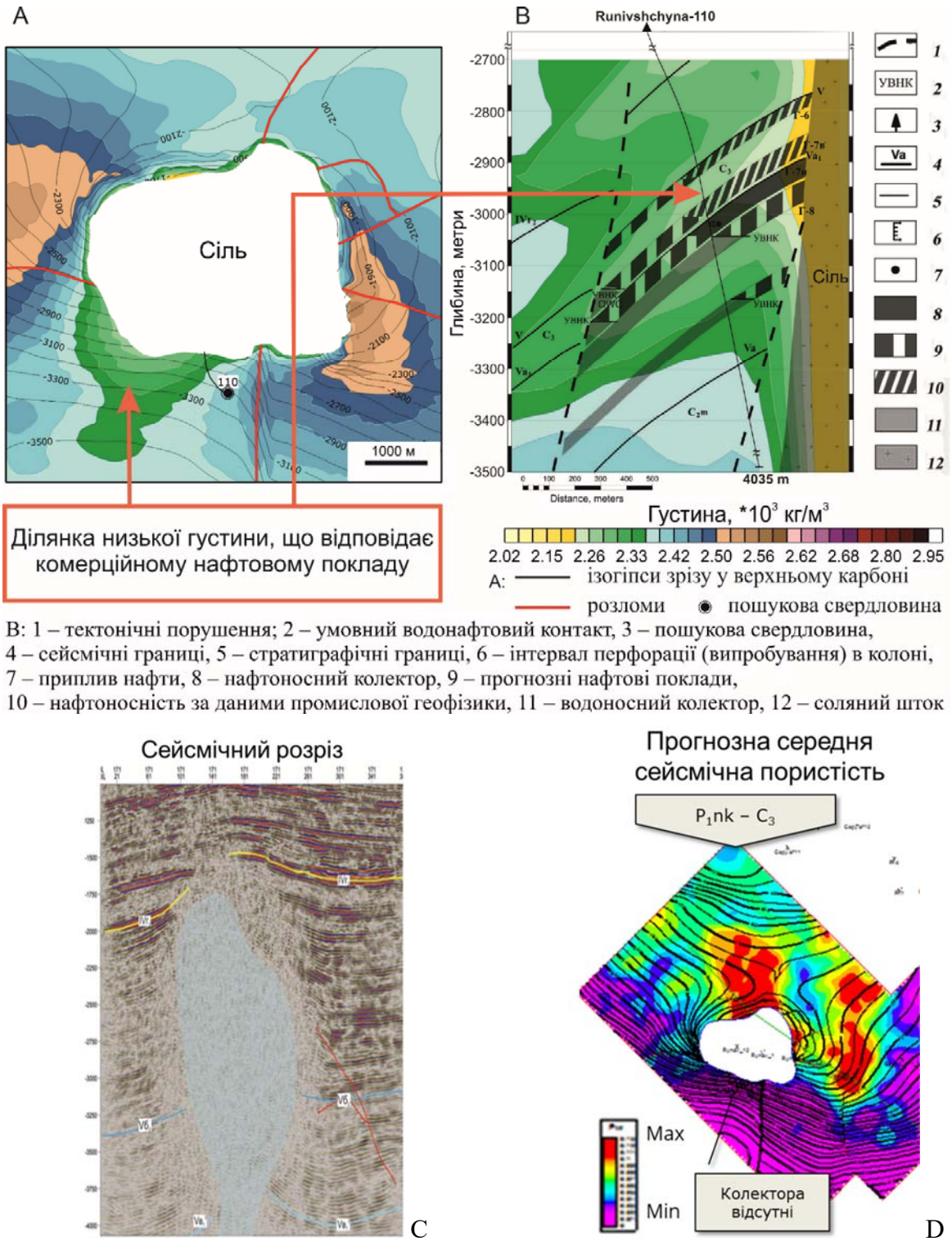


Рис. 3. Приклад картування комерційного покладу нафти і газу під соляним козирком, біля стінки соляного штоку. Родовище імені академіка Шпака. А — попластовий зріз 3D моделі густини в межах продуктивного горизонту нижньої пермі – верхнього карбону; В — вертикальний розріз 3D моделі густини, суміщений з розрізом через першу пошукову свердловину [2]. Ділянки низької густини світло-зеленого кольору картують комерційні поклади нафти, виявлені за даними 3D гравітаційної інверсії. Жовтим кольором позначено соленосні породи. Достовірність моделі підтверджено пошуковою свердловиною №110. Розмір ніжки соляного штоку був частково змінений по відношенню штоку за результатами 3D сейсморозвідувальних робіт (С). За даними генетичної інверсії на місці відкритого родовища породи колектори відсутні (D)

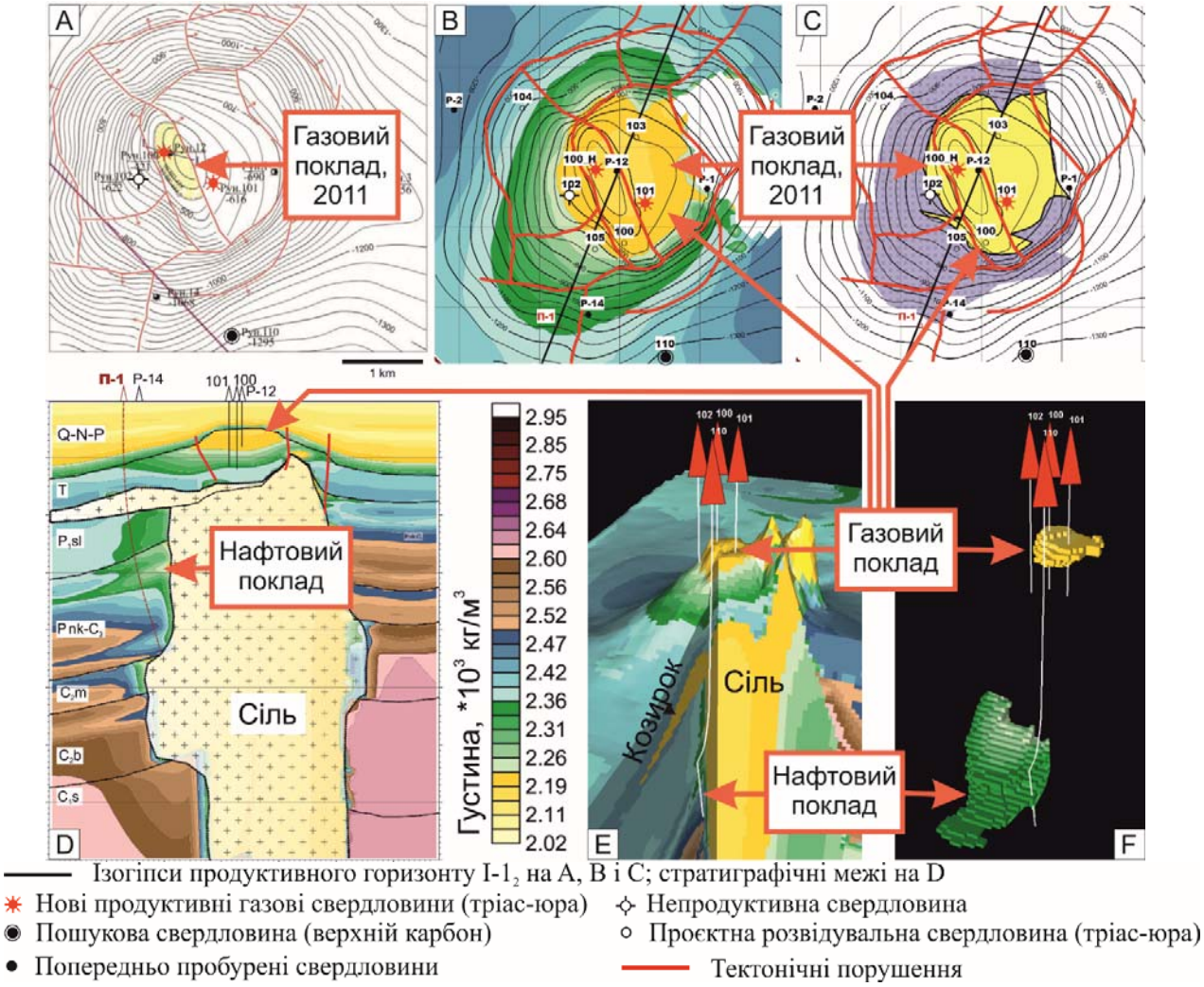
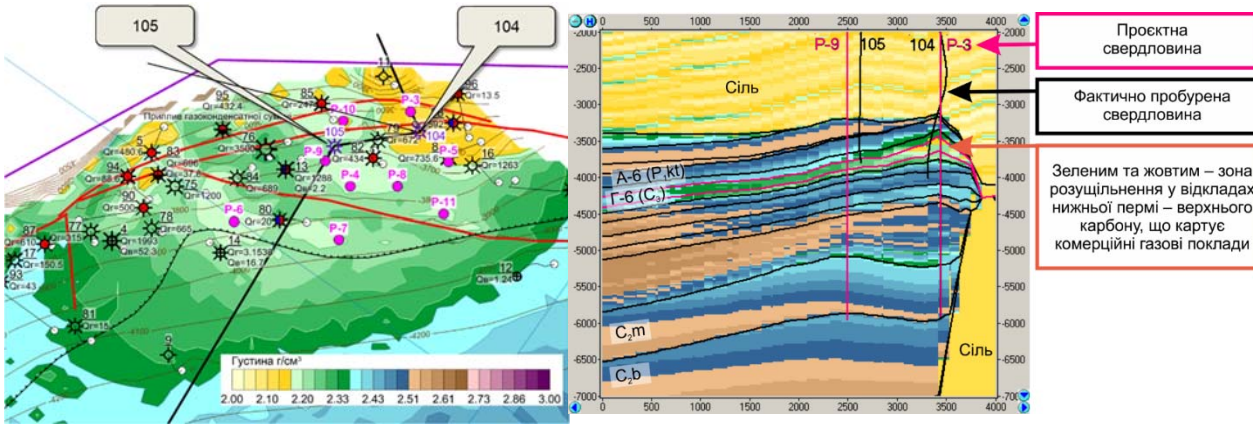


Рис. 4. Уточнення контуру комерційного покладу газу над соляним куполом у відкладах юри-тріасу в межах Рунівщинського родовища: A — покрівля продуктивного горизонту в тріасі за даними 3D сейсморозвідувальних робіт (за Шевченко О. А., цитовано з [6]; B — густина у відкладах юри-тріасу за даними 3D гравітаційної інверсії, 2012. Суміжні продуктивні горизонту юри та тріасу відображені єдиною зоною низької густини жовтого кольору; C — прогнозний контур газового покладу (жовтим) за даними 3D густинного моделювання; D — розріз по лінії, положення якої показано на рисунках B та C; E — відображення соляного штоку і вищезалягаючого газового покладу в 3D моделі густини за результатами інверсії (2012), з новими пробуреними свердловинами (2013); F — форма комерційних покладів вуглеводнів (2012) у відкладах тріасу-юри (жовтим) та верхнього карбону (зеленим) та нові свердловини, пробурені у 2013. 3D візуалізація E та F виконана в програмному комплексі GCIS [5]

Висновки. Наведені чотири приклади пошуково-розвідувальних робіт на площах із розвинутою солянокупольною тектонікою, які ілюструють ефективність технології отримання геологічно змістовних 3D густинної моделі геологічного середовища засобами спільної 3D інверсії гравіметричних, свердловинних, сейсмічних, та петрофізичних даних. В 50 % випадків гравітаційна інверсія підтвердила контур штоків, закартований за сейсмічними даними. В той же час, в інших 50% випадків розмір соляних діапірів виявився значно меншим за той, що був закартований в результаті сейсмічних робіт. В одному з випадків, розмір штоку був зменшений в три рази. Крім вивчення форми соляних штоків та материнської солі, дослідження властивостей підстилаючих материнську сіль та оточуючих сіль порід стало картування форми та властивостей комерційних покладів вуглеводнів розташованих під козирьками та біля стінок соляних штоків, а також над ними. Результати буріння в межах перелічених площ всіх пошукових, розвідувальних та експлуатаційних

свердловин на 100% підтвердити геологічну змістовність 3D моделей густини, положення соляних утворень та закартованих комерційних покладів вуглеводнів.



A B

Рис. 5. Положення комерційного покладу газу Розпашнівського газового родовища у вигляді локалізованої зони зменшення густини газопродуктивних порід на карті конформного до напластування порід зрізу густини – жовтий та світлозелений кольори порід, у відкладах продуктивного горизонту Г-6 (А) верхнього карбону C_3, та на розрізі 3D моделі густини (В) через рекомендовані Р-9 і Р-3 та пробурені 104 і 105 експлуатаційні свердловини біля стінки та під козирьком соляного штоку у відкладах нижньої пермі P_1kt та верхнього карбону C_3.

Список використаних джерел:

1. Іванюта М. М., Федишин В. О., Денега Б. І., Арсірій Ю. О., Лазарук Я. Г. Ред. Атлас нафтових і газових родовищ України в шести томах, (Том III). Українська нафтогазова академія. 1998, Львів, 932—958, 986—992.

2. Зейкан О. Ю., Гладун В. В., Максимчук П. Я., Чепіль П. М., Дудніков М. С., Гусаченко В. О., Довжок Т. Є., Вакарчук С. Г., Харченко М. В., Стрижак В. П., та Шевченко О. А. Перше нафтове родовище, відкрите Національною акціонерною компанією «Нафтогаз України» в Дніпровсько-Донецькій западині. 2013, Геологічний журнал, (3), 26—32.

3. Кобунов О. І. та Петровський О. П. Ітераційна схема розв'язку оберненої задачі гравірозвідки. Доповіді АН УССР. 1990, (2), 13—16.

4. Petrovska, T.O., Petrovskyy, O.P., Tsihovska, O.M., & Trachuk, A.Ju. Carapaces of the Dnieper-Donets Basin as a New Exploration Target. SPE Eastern Europe Subsurface Conference. Kyiv, Ukraine, 23—24 Nov 2021. https://doi.org/10.2118/208538-MS.

5. Петровський О.П., Кобрунов О.І., Ганженко Н.С., Суятінов В.М. Автоматизована система кількісної комплексної інтерпретації геофізичних даних GCIS як основа технології інтегральної інтерпретації комплексу геолого–геофізичної інформації для пошуків нафти і газу. Геоінформатика. 2003, № 2. с. 25—34.

6. Святенко Г. Є. Особливості геологічної будови та нафтогазоносності мезозою Дніпровсько-Донецької западини. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук. 2018, Київ, 247.

7. O.P. Petrovskyy, T.O. Petrovska, O.M. Onischuk, V.M. Suyatinov, P.M. Chepil. The accurate shape of salt diapir and near-salt commercial hydrocarbon pools: outcome of applying a 3D joint gravity, well-log, seismic inversion, and new paradigm for pool mapping. Geophysical Journal. 2025, Vol. 47. № 2. P. 129-136. https://journals.uran.ua/geofizicheskiy/article/view/322582/315967

УДК 553.94/98:553.04

ГАЗОНОСНІСТЬ ВУГІЛЬНОГО ПЛАСТА $n_7^в$ ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО БАСЕЙНУ ЗА ГЕОЛОГІЧНИМИ КРИТЕРІЯМИ ОЦІНКИ ПЕРСПЕКТИВНОСТІ ПЛОЩ ДЛЯ ВИДОБУТКУ МЕТАНУ

Бучинська І.В., *к. геол. н., с. н. с., ibuchynska@ukr.net,*
Матрофайло М.М., *к. геол.-мін. н., с. н. с., mmatrofaylo@gmail.com,*
Побережський А.В., *к. геол.-мін. н., с. н. с., andriy.poberezhskyy@gmail.com,*
Ступка О.О., *к. геол. н., stupkaoksana@gmail.com,*
Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна

Проаналізовано будову і газоносність пласта $n_7^в$ Львівсько-Волинського басейну щодо перспектив видобутку метану згідно з геологічними критеріями. В межах діючих шахт Червоноградського геолого-промислового району як джерело метановиділення необхідно застосовувати практику дегазації шахтних систем. Тяглівське родовище басейну є перспективним щодо видобутку метану. В межах південної частини Любельського родовища пласт $n_7^в$ знаходиться в зоні газового вивітрювання.

GAS BEARING CAPACITY OF COAL SEAM $n_7^в$ OF THE LVIV-VOLYN BASIN ACCORDING TO GEOLOGICAL CRITERIA FOR ASSESSING THE PROSPECTIVENESS OF AREAS FOR METHANE PRODUCTION

Buchynska I., *Cand. Sci. (Geol.), Senior Researcher, ibuchynska@ukr.net,*
Matrofaylo M., *Cand. Sci. (Geol.& Min.), Senior Researcher, mmatrofaylo@gmail.com,*
Poberezhskyy A., *Cand. Sci. (Geol.& Min.), Senior Researcher, andriy.poberezhskyy@gmail.com,*
Stupka O., *Cand. Sci. (Geol.), stupkaoksana@gmail.com,*
Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine

The structure and gas content of coal seam $n_7^в$ formation of the Lviv-Volyn basin in the perspective of methane production according to geological criteria have been analyzed. Within the operating mines of the Chervonohrad geological and industrial district, as a source of methane, it is necessary to apply the practice of degassing mine systems. The Tyaglivske deposit of the basin is a perspective methane production. Within the southern part of the Lubelske deposit, the $n_7^в$ formation is located in the gas supply zone.

Підвищена увага до розробки газу метану вугільних родовищ спричинена високим попитом на природний газ, який продовжує збільшуватися як в Україні, так і за її межами. Використання метану вугільних родовищ є надзвичайно актуальним. Метан розглядається як ресурс для забезпечення енергетичних потреб країни. Видобування шахтного газу – важливий фактор створення безпечних умов роботи на шахтах України. Воно є актуальним і з екологічних міркувань: зменшення викидів газу метану в атмосферу.

В роботі [1] систематизовано геологічні критерії оцінки перспективності площ для промислового видобутку метану із вугільних пластів. Згідно цих критеріїв як основні параметри для оцінювання вибрані: ступінь метаморфізму вугілля, метаноносність (газоносність), глибина залягання вугільного пласта, площа ділянки, продуктивні інтервали, індивідуальна потужність пластів, колекторські властивості, тектонічні умови, геодинамічний стан, гідрогеологічні умови, ресурси ВВ газів, щільність запасів.

Родовища Львівсько-Волинського кам’яновугільного басейну (ЛВБ) розглядаються як газовугільні [2]. Природні гази у вугленосній товщі розподілені нерівномірно. У ЛВБ найбільша промислова газоносність припадає на відклади бужанської, морозовичівської і поромівської світ башкирського ярусу (верхня вугленосна підформація).

На основі запропонованих критеріїв нами проаналізовано вугільний пласт $n_7^в$ в межах Червоноградського геолого-промислового і Південно-Західного вугленосного районів. При вивчені газоносності вугільних пластів ЛВБ доцільно застосовувати певне районування, яке пов’язано з геологічною будовою басейну. Різне геологічне положення блоків басейну відіграло свою роль у процесах вуглефікації органічної речовини, утворенні і збереженні вугільних газів як по площі, так і у розрізі карбонової товщі. Метаноносність вугільних пластів досліджувалась по Червоноградському газоносному (поля Червоноградських і Великомостівських шахт), Великомостівському

високогазоносному (Тяглівське родовище) і Жовківському слабогазоносному (Любельське родовище) районах [3].

Поширення. Пласт $n_7^в$ широко розповсюджений по всьому басейну. Максимального розповсюдження та найбільшої потужності він набуває у південно-західній частині басейну в межах Забузького і Межирічанського родовищ. Невеликі розмиви спостерігаються у центральній і північно-західній частинах Забузького родовища. В межах Сокальського родовища цей пласт розповсюджений на 2/3 площі.

У межах Тяглівського родовища пласт $n_7^в$ розповсюджений на всій території, за виключенням декількох зон розмивів у центральній та східній частинах.

На Любельському родовищі він також поширений повсюдно, але в південній частині на полі шахти Любельська №1 в зоні простягання поперечного скиду розділяється на окремі самостійні пласти $n_7^{в-2}$ і $n_7^{в-1}$.

Глибина залягання. Пласт $n_7^в$ занурюється зі сходу на захід у межах Волинського, Забузького, Сокальського і на північний захід на площах Межирічанського, Тяглівського і Любельського родовищ. На границі Волинського і Забузького родовищ відмічається найбільш високе положення пласта (абсолютна відмітка – 150 м). Максимального занурення він досягає на Тяглівському (до 600 м) і Любельському (до –775 м) родовищах. Глибина залягання пласта від денної поверхні змінюється в південно-західному напрямку – від 280 м на Забузькому родовищі до 900 м в районі Тяглівського і Любельського родовищ.

Індивідуальна потужність. Товщина пласта в цілому досить мінлива. Він місцями виклинюється, а деколи його товщина досягає 2 м. Найбільшу площу з кондиційною потужністю пласт займає на території Межирічанського родовища. На Сокальському, Тяглівському родовищах його потужність не перевищує 0,7 м. В будові пласта $n_7^в$ зустрічаються лінзи і пачки сапропелітів.

Будова пласта. Пласт $n_7^в$ у межах Львівсько-Волинського басейну має здебільшого складну будову. На площі Забузького і Межирічанського родовищ пласт переважно однопачковий, але на окремих ділянках він розділяється породними прошарками на дві, рідше три пачки. На Сокальському родовищі пласт $n_7^в$ має складну, подекуди чотирипачкову будову, причому верхня пачка, зазвичай, найпотужніша. Пачки розділені аргілітами, деколи вуглистими аргілітами. Кількість пачок зменшується від центру до периферії.

На Тяглівському родовищі пласт $n_7^в$ переважно має однопачкову будову. Тільки на північному сході будова пласта ускладнюється. На південному сході Любельського родовища пласт розглядається як два самостійні пласти.

Ступінь метаморфізму вугілля. Вугілля пласта $n_7^в$ відноситься до газового і жирного, що за даними [1], є достатньо для накопичення вільного та сорбованого газів вугільних пластів в об'ємах, що можуть бути перспективними для промислового видобутку, при відповідності іншим геологічним критеріям.

Газоносність. Червоноградський геолого-промисловий район характеризується сильною мінливістю газоносності пласта $n_7^в$ – від 0 до 14, 3 м^3/т с. б. м. (таблиця). Найнижчі значення приурочені до Забузького родовища, переважно від 0 до 2 м^3/т с. б. м. Дещо більші значення (за окремими свердловинами до 3,8 м^3/т с. б. м.) зустрічаються в північно-східній частині, що примикає до Забузького скиду. У Червоноградському районі максимальні аномальні значення газоносності зафіксовані на полі шахти «Степова» та ділянці Червоноградська № 3, що становлять відповідно 17,4 та 21, 2 м^3/т с. б. м. На нашу думку, вони приурочені до зони розломів (Белз-Милятинська зона, Цербівський скид, Жужелянський насув) і пов'язані з підтоком вуглеводнів з девонського газового Великомостівського родовища.

Для Тяглівського родовища, яке є максимально газоносним у басейні, газоносність пласта $n_7^в$ змінюється від 0 (південна частина родовища) до 31,8 м^3/т с. б. м (середнє значення 17,7 м^3/т с. б. м), вміст метану в суміші змінюється від 61,5 до 99,0 % об. (при

середньому значенні 89,68 % об.). Максимальні значеннями спостерігаються в північно-західній та північній частинах шахтного поля Тяглівське № 1 (до 31,8 м^3/т с. б. м.) і в північно-західній частині ділянки Тяглівська Південна (24 м^3 /т с. б. м). Ці максимуми приурочені до центру Тяглівської синкліналі та до тектонічних порушень. Вміст метану зростає з південного-сходу на північний захід та зі сходу на захід у напрямку Бутин-Хлівчанського підняття (рис.1, 2)

Таблиця. Газоносність та вміст метану в газах промислового вугільного пласта $n_7^в$ в межах Червоноградського геолого-промислового району [4]

Шахти та ділянки	Газоносність (м^3/т с. б. м)	Вміст метану (в % об.)
Межирічанська	1,2–7,1 4,2	78,2–95,5 80,1
Відродження	4,3–8,6 6,3	75,9–94,8 86,7
Лісова	2,9–12,8 7,8	82,1–91,2 87,3
Зарічна	2,6–14,3 6,8	57,5–94,1 82,6
Степова	4,9–10,7 7,3	60,9–92,0 81,4
Червоноградська	0,3–3,9 3,4	70,6–86,8 78,8
Ділянка Червоноградська № 3	4,4– 7,2	17,5–89,9 67,93
Ділянка Червоноградська № 4	0,2–4,9 1,14	0,7–64,1 36,1

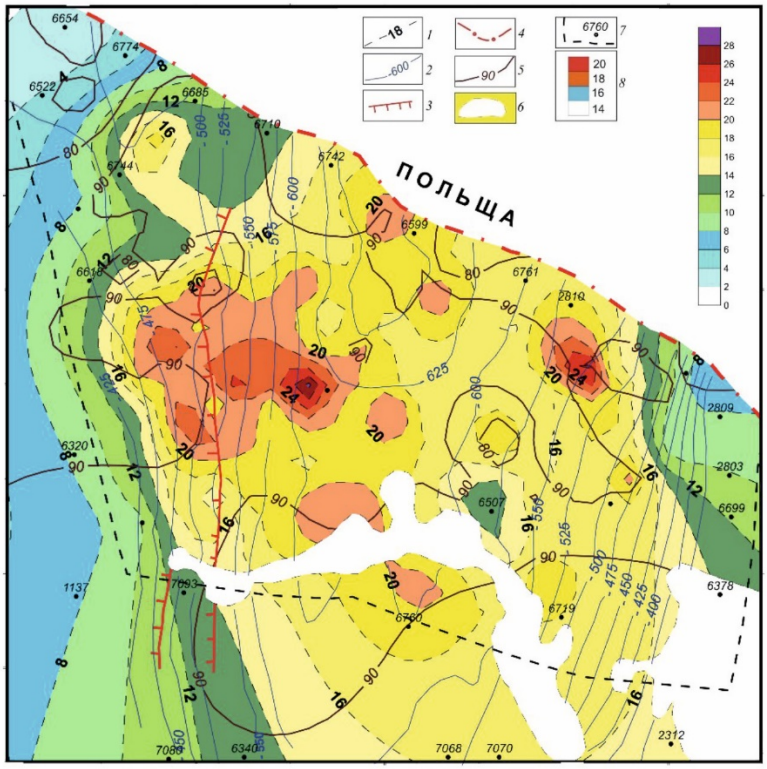


Рис. 1. Газоносність та вміст метану вугільного пласта $n_7^в$ на шахтному полі Тяглівське № 1 (масштаб 1 : 100 000) [4]:

1 – ізогази, м^3/т с. б. м.; 2 – ізолінії глибини залягання пласта, м; 3 – тектонічні порушення; 4 – державний кордон України; 5 – ізолінії вмісту метану, % об.; 6 – розмив вугільного пласта; 7 – свердловини та межа шахтного поля; 8 – шкала газоносності.

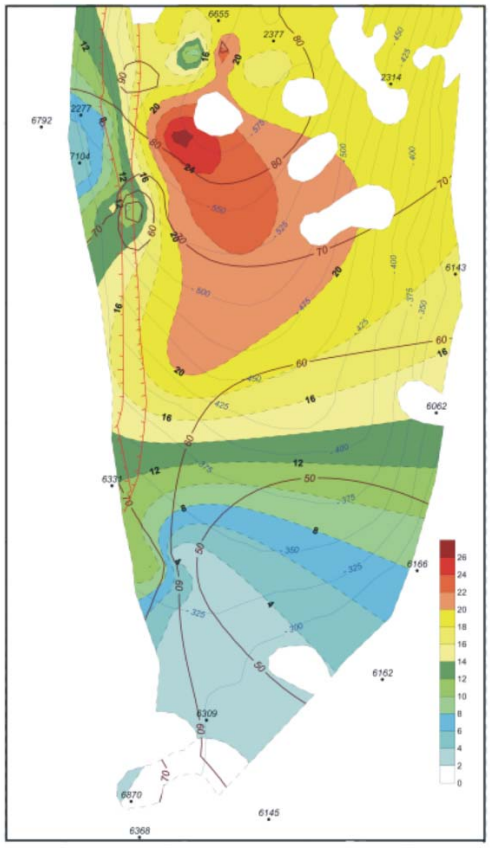


Рис. 2. Газоносність вугільного пласта $n_7^{в}$ на ділянці Тяглівська-Південна (масштаб 1 : 100 000) [4]. Умовні позначення див. на рис. 1.

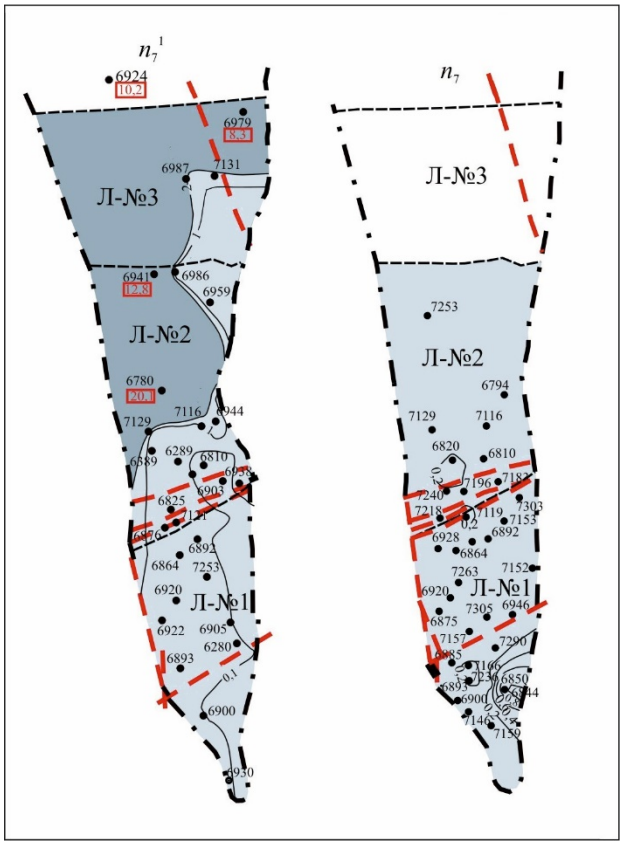


Рис. 3. Газоносність вугільних пластів $n_7^{в-1}$ і $n_7^{в-2}$ Любельського родовища Львівсько-Волинського басейну [5]

Любельське родовище максимально дегазоване. Загальна газоносність пласта $n_7^в$ не досягає значення 1 м^3/т с. б. м. Газоносність пластів $n_7^{в-1}$ і $n_7^{в-2}$ загалом не перевищує 0,48 м^3/т с. б. м. Зауважимо, що незначні збільшення природної газоносності у пласті $n_7^{в-1}$ приурочені до зони поперечних розломів, а у пласті $n_7^{в-2}$ – до південно–східної частини. Загалом для пласта $n_7^в$ вміст метану в газовій суміші знаходиться в межах 0–18,3 % об., при середньому значенні 0,02 % об. (рис.3).

Висновки. У межах діючих шахт Червоноградського геолого-промислового району необхідно проводити дегазацію шахтних систем. Практика дегазації шахтних систем як одного з джерел метановиділення, забезпечується каптуванням газу при експлуатації дегазаційної системи шахти. Застосування дегазації також позитивно впливає на технологію розробки та зумовлює зменшення газовиділень в гірничі виробки, підвищує рівень безпеки праці. Це створює можливості для суттєвого скорочення ризику аварій, пов'язаних із метаном.

Тяглівське родовище басейну є перспективним щодо видобутку метану. При залученні певних інвестицій можливим є видобуток газу за допомогою вертикальних свердловин, з застосуванням гідророзриву вугільних пластів для підвищення газопроникності і газовіддачі.

У межах південної частини Любельського родовища пласт $n_7^в$ знаходиться в зоні газового вивітрювання, але саме це забезпечує безпечне видобування вугілля.

Сучасний підхід до вуглевидобутку повинен включати цілісну систему поводження з вугільними газами, яка могла б забезпечувати конструктивний зв'язок контролю над газовиділенням у підземних виробках, утилізації метану та скорочення атмосферних викидів парникових газів.

Список використаних джерел:

1. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України: монографія (2013). У 8 кн. *Кн. 7. Метан вугільних родовищ, газогідрати, імпактні структури і накладені западини Українського щита* / [В.А. Михайлов та ін.]; Нац. Акціонерна компанія «Нафтогаз України» та ін. Київ: Ніка-Центр, 368 с.

2. Бучинська І.В., Матрофайло М.М. (2024) Газовугільні родовища Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 3–4, 62–72.

3. Матрофайло М.М., Бучинська І.В., Побережський А.В. (2024). Основні геологічні чинники газоносності і видобувний потенціал перспективних ділянок газовугільних родовищ Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. *Наукові аспекти збереження та відновлення природних ресурсів в умовах сучасного розвитку суспільства.* Рига, Латвія, 534–559. https://doi.org/10.30525/978-9934-26-511-2-21

4. Явний П., Книш І., Бучинська І., Бик С. (2009). Прогноз газоносності вугільних пластів Тяглівського родовища Львівсько-Волинського басейну. *Геологія і геохімія горючих копалин.* 2, 39–51

5. Бучинська І., Явний П., Книш І., Шевчук О. (2011). Вугленосність і розподіл вугільних газів у розрізі нижнього карбону Любельського родовища Львівсько-Волинського басейну. *Геологія і геохімія горючих копалин.* 3–4*,* 57–67.

УДК 622.276.6

ІНТЕГРАЦІЯ ГІДРОРОЗРИВУ ПЛАСТА В СТРАТЕГІЮ РАННЬОГО ЕТАПУ РОЗРОБКИ РОДОВИЩА

Мороз Л.Б., *к. тех. н., доцент, lesia.moroz@nung.edu.ua;*
Селінний Є.М., *аспірант, yehor.selinnyi-a18524@nung.edu.ua;*
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна

На початкових етапах експлуатації свердловини, коли дебіт є високим, а робота стабільною, проведення гідророзриву пласта (ГРП) часто сприймається як недоцільне. Хоча цей підхід і виглядає раціональним з позиції економії ресурсів, він здатний спричинити втрату найсприятливішого часу для інтенсифікації. Зволікання з реалізацією ГРП до моменту істотного зниження пластового тиску суттєво ускладнює процес освоєння свердловини, зокрема через недостатній перепад тиску для виносу запомпованої рідини. У цій роботі обґрунтовується важливість своєчасного включення ГРП у стратегію розробки родовища, аналізуються технічні обмеження, пов'язані з низьким пластовим тиском, та наводяться практичні приклади, що демонструють втрату продуктивного потенціалу свердловин унаслідок несвоєчасного проведення робіт.

INTEGRATING HYDRAULIC FRACTURING INTO EARLY FIELD DEVELOPMENT STRATEGY

Moroz L., *Cand. Sci. (Eng.) Associate Professor, lesia.moroz@nung.edu.ua;*
Selinnyi Y., *postgraduate student, yehor.selinnyi-a18524@nung.edu.ua;*
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine

At the early stages of well operation, when production rates are high and performance remains stable, hydraulic fracturing (HF) is often perceived as unnecessary. Although this approach seems rational from the point of view of resource conservation, it can lead to the loss of the most favorable time for intensification. In such cases, the pressure differential may be insufficient to lift the injected fluids, complicating or even preventing effective well cleanup. This paper emphasizes the importance of timely integration of HF into the field development strategy, analyzes technical limitations associated with low reservoir pressure, and presents practical examples demonstrating the loss of production potential due to delayed stimulation.

Вступ. Гідравлічний розрив пласта (ГРП) — це, без перебільшень, найефективніша технологія інтенсифікації припливу вуглеводнів як із колекторів з низькими фільтраційно-ємнісними властивостями, так і традиційних покладів нафти та газу. У сучасній практиці експлуатації нафтових та газових родовищ ГРП часто розглядається як інтервенційний захід, який впроваджується лише на стадії істотного зниження дебіту та виснаження родовища. Проте такий підхід не враховує ризиків при освоєнні свердловини. У випадках коли гідродинамічний тиск у колекторі понижений, його може бути недостатньо для виштовхування запомпованої рідини при ГРП. Інтеграція ГРП у розвиток родовищ як базового етапу набуває особливого значення там, де природне виснаження пластів відзначається високою динамікою та складною неоднорідністю.

Мета дослідження. Дослідження спрямоване на наукове обґрунтування доцільності впровадження ГРП у комплексний план розробки родовища на ранніх та середніх етапах експлуатації свердловин. Особливий акцент робиться на врахування закономірностей зміни пластового тиску, динаміки дебіту, а також на аналізі технологічних обмежень, характерних для пізнього проведення ГРП. Запропоновано розробити критерій для визначення оптимального вікна реалізації ГРП на підставі аналізу історичних виробничих даних.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети проаналізовано історичні дані щодо проведених операцій з ГРП у свердловинах з пониженим пластовим тиском.

Основні результати. У процесі багаторічного аналізу фонду свердловин встановлено, що проведення ГРП на високих початкових дебітах зазвичай характеризується порівняно не високим коефіцієнтом додаткової продуктивності, що зумовлює сумнівну економічну доцільність таких операцій враховуючи ризики втрати базового видобутку. Водночас відтермінування проведення ГРП до моменту суттєвого падіння пластового тиску істотно підвищує ризик незворотного заводнення привибійної

зони свердловини як технологічними рідинами, так і через значні поглинання, що виникають під час підготовки свердловини з використанням верстату капітального ремонту свердловин (КРС). У низці випадків це призводить до неможливості повторного освоєння через недостатній пластовий тиск для виносу запомпованої рідини.

В результаті аналізу історичних даних, для наочного прикладу виділено дві показові свердловини:

Родовище1 св. №111

№	Найменування параметру	Значення	Од. вимір.
1	Назва родовища	Родовище1	Назва
2	№ свердловини	111	№
3	Інтервали ГРП	3572-3596, 3451-3466; 3350-3379.	м
4	Тип перфоратора і кількість перфораційних отворів	ЗПК-62м; 18 отв./м.	
5	Пластовий тиск	85	Атм.
6	Температура продуктивного пласта	70	°С
7	Пористість	14	%
8	Проникність	0,15	мД
9	В'язкість пластового флюїду (в пластових умовах)	0,015055	мПа
10	Об'ємний коефіцієнт газу	0,010287	$м^3/м^3$
11	Тиск насичення	280	Атм.
12	Газовий фактор (Z)	0,8917	

До проведення робіт свердловина працювала протягом 51 року в режимі виснаження запасів. Дебіт перед початком робіт становив 5 тис. $м^3$/добу.

Проведено ГРП двох інтервалів 3572-3596 та 3451-3466 на 40 та 35 тон пропанту відповідно. В інтервалі 3350-3379 за результатом нагнітального тесту (20 $м^3$ технічної води) прийнято рішення не проводити ГРП через низькі фільтраційно-ємнісні характеристики пласта. Загалом під час проведення робіт, у свердловину запомповано 287 $м^3$ рідини.

В результаті тривалого освоєння свердловини, з періодичним заїздом установки колтюбінгу (далі – КУ), всю запомповану воду вилучити так і не вдалось. Через 4 місяці свердловина почала віддавати газ методом накопичення – 1,5 тис. $м^3$/добу, проте навіть на початковий видобуток вона не вийшла, не кажучи про очікуваний ефект від ГРП.

Родовище2 св. №222

№	Найменування параметру	Значення	Од. вимір.
1	Назва родовища	Родовище2	Назва
2	№ свердловини	222	№
5	Інтервал перфорації	3663-3670	м
6	Тип перфоратора і кількість перфораційних отворів	ЗПК-62м 18 отв./м.	
8	Пластовий тиск (поточний)	100	Атм.
9	Температура продуктивного пласта	88	°С
10	Пористість	14	%
11	Проникність	0.1	мД
12	В'язкість пластового флюїду (в пластових умовах)	0.015332	мПа
13	Об'ємний коефіцієнт газу	0.011638	$м^3/м^3$
14	Тиск насичення	100	Атм.
15	Газовий фактор (Z)	0.91284	

До проведення робіт, дебіт свердловина працювала протягом 9 років з поступовим зниженням дебіту з початкових 90 тис.$м^3$/добу до повної зупинки. Експлуатація ускладнювалась утворенням корків по стовбуру НКТ, при продувках виносила піщано-сольовий матеріал.

При проведення ГРП в інтервалі 3663-3670 м, запомповано 26 тон пропанту та 145 $м^3$ рідини.

Після виконання ГРП в свердловину було спущено експлуатаційні НКТ та проведено роботи з вимивання пропанту за допомогою КУ. Протягом 22 діб проводилось освоєння

свердловини, осушення свердловини до виходу чистого азоту. Промислового припливу газу не отримали.

Протягом п’яти місяців свердловина перебувала на наборі тиску. Внаслідок проведених заходів свердловина почала експлуатуватися з дебітом Qроб = 3 тис. м³/добу, поступово відновлюючи видобувний потенціал до Qроб = 90 тис. м³/добу. Проаналізувавши ці дві свердловини №111 та №222, припускаємо що ймовірною причиною довготривалого освоєння є понижений пластовий тиск. Для виведення критерію, розрахуємо коефіцієнт поточного пластового тиску відносно гідростатичного (від гирла свердловини до верхніх отворів перфорації).

Для свердловини №111:

$$\frac{P\text{пл}}{P\text{г. ст}} = \frac{85\text{атм} * 101325}{3350\text{м} * 9.8 * 1000\,{}^{\text{кг}}/_{\text{м}^3}} = 26{,}2\ \%$$

Для свердловини №222:

$$\frac{P\text{пл}}{P\text{г. ст}} = \frac{100\text{атм} * 101325}{3663\text{м} * 9.8 * 1000\,{}^{\text{кг}}/_{\text{м}^3}} = 28{,}2\ \%$$

За результатом проведених розрахунків, встановлено що при коефіцієнті пластового тиску нижче 28% від гідростатичного – успішне освоєння свердловини малоймовірне. А враховуючи досвід свердловини №222, можна зробити висновок що 28% - це граничне значення при якому, протягом тривалого часу, все ж можна вилучити рідину та отримати ефект від ГРП.

Висновки. Вперше запропоновано кількісний критерій — 28%, нижче якого ймовірність успішного вилучення технологічної рідини та отримання промислового припливу є низькою. Це дає змогу оптимізувати час проведення ГРП, знизити ризик втрати основного видобутку та запобігти безповоротному заводненню привибійної зони.

На основі аналізу двох показових свердловин встановлено, що ефективність освоєння після гідророзриву пласта критично залежить від співвідношення пластового тиску до гідростатичного. При значенні нижче 28% освоєння є малоймовірним через недостатній перепад тиску для виносу запомпованої рідини, що підтверджується прикладом свердловини №111. Водночас свердловина №222, яка мала граничне значення 28,2%, продемонструвала поступове відновлення видобутку, що дозволяє розглядати цей поріг як інженерний критерій для планування ГРП та оцінки ризиків втрати продуктивності.

Список використаних джерел:

1. Miskimins J.L. (ред.) Hydraulic Fracturing: Fundamentals and Advancements [Електронний ресурс] / Society of Petroleum Engineers (SPE). – 2019. – ISBN: 978-1-61399-904-2. – Режим доступу: https://onepetro.org/books/book/34/Hydraulic-Fracturing-Fundamentals-and-Advancements

2. Семеняка О.Г., Кушнарьов С.І., Коцаба В.І. та ін. Дослідно-промислові випробування технології освоювання свердловин для відновлення продуктивності [Електронний ресурс] / О.Г. Семеняка, С.І. Кушнарьов, В.І. Коцаба // ResearchGate. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/338226150

3. Hydraulic Fracturing Operations – 2025 [Електронний ресурс] // Journal of Petroleum Technology (SPE). – Режим доступу: https://jpt.spe.org/hydraulic-fracturing-operations-2025

УДК 621.311

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ЩИТ УКРАЇНИ: СТРАТЕГІЯ ДЕЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ ТА СТІЙКОСТІ В ОСОБЛИВИЙ ПЕРІОД

Середа І.П., *аспірант, xmasterivv@gmail.com,*
Науково-дослідний інститут публічного права, Київ, Україна

Анотація. Метою є дослідження стратегічних напрямків формування «енергетичного щита» України в умовах воєнних загроз та повоєнної відбудови. Розглянуто концепцію децентралізації енергетичних систем для підвищення стійкості інфраструктури, що в свою чергу є підґрунтям для розвитку нових моделей управління енергетичними ресурсами.

Ключові слова: енергетичний щит, децентралізація, енергетична стійкість, ВДЕ, повоєнна відбудова.

UKRAINE'S ENERGY SHIELD: A STRATEGY FOR DECENTRALIZATION AND RESILIENCE IN A CRITICAL PERIOD

Sereda I., *postgraduate student, xmasterivv@gmail.com,*
The Scientific Institute of Public Law, Kyiv, Ukraine

Annotation. The purpose of this study is to explore the strategic directions for shaping Ukraine's "energy shield" in the context of wartime threats and post-war recovery. The article examines the concept of decentralizing energy systems as a means of enhancing infrastructure resilience, which in turn serves as the foundation for developing new models of energy resource management.

Keywords: energy shield, decentralization, energy resilience, renewable energy sources (RES), post-war recovery.

Вступ. З початком повномасштабної війни з росією, протягом 2022-2025 років Україна відчула вразливість централізованих енергетичних систем, які стали об'єктами цілеспрямованих атак. Модель енергосистеми, що була заснована на великих централізованих електростанціях (АЕС, великі ТЕС і ГЕС), вичерпала себе і вимагає кардинального переосмислення. Її головний недолік у воєнний час – це висока концентрація потужностей, що робить її ідеальною мішенню та призводить до миттєвих і масштабних втрат (затяжні блекаути). У цих надскладних умовах формується концепція «енергетичного щита України» - стратегії, що поєднує децентралізацію, стійкість та діджиталізацію енергетичної інфраструктури.

Виклад основного матеріалу. Знаковою подією для України стало те, що українська енергетична система технічно під'єдналась до енергетичної системи об'єднаної континентальної Європи після початку повномасштабного вторгнення росії [1]. На початку 2023 року питання розподіленої генерації електроенергії було пріоритетним на обговоренні в Комітеті з питань енергетики та ЖКП [2]. В 2024 році концепцію розподіленої генерації було згадано Державною інспекцією енергетичного нагляду [3]. Стратегія децентралізації є єдиним способом побудувати безпечнішу та стійкішу енергосистему, адже перехід від кількох великих електростанцій до сотень і тисяч малих та середніх генеруючих об'єктів, зосереджених по всій території країни, зробить енергосистему стійкішою до атак, адже пошкодження одного з джерел не призведе до відключення електроенергії для всіх.

Сучасна енергосистема стикається з комплексом викликів та загроз, які можна класифікувати на:

1. зовнішні (військові – масовані атаки на критичну інфраструктуру; геополітичні - залежність від зовнішніх енергоносіїв та коливання світових цін, залежність від певних видів палива та технологій);
2. внутрішні (структурні - залежність від централізованих вузлів, високий рівень енергетичних втрат у мережах через технічну застарілість систем; інституційні – незавершеність реформ ринку енергії, кадрова неспроможність та корупційні ризики, неефективне державне управління, слабка інвестиційна привабливість, кіберзагрози).

Саме тому визначення та ефективне реагування на ці проблеми є пріоритетом державної політики сьогодення.

Децентралізація стала ключовою стратегічною відповіддю України на військові загрози, які руйнують великі об’єкти генерації. Вона включає в себе: географічне розгалудження потужностей, мінімізацію ризиків локального удару, стійкість критичної інфраструктури з забезпечення автономного живлення. Варто зазначити, що децентралізація – це не просто модернізація, а й необхідний крок, що перетворює енергетику України на гнучку, стійку та надійну систему, здатну протистояти військовим загрозам та забезпечувати надійний фундамент для повоєнного відновлення країни.

Що ж таке розподільна генерація? Відповідно до пункту 79 першої статті Закону України «Про ринок електричної енергії» розподілена генерація - це електростанція встановленої потужності 20 МВт та менше, приєднана до системи розподілу електричної енергії [4]. Вона включає до себе:

1. когенераційні установки – установки, що одночасно виробляють електричну та теплову енергію;
2. відновлювальні джерела енергії – встановлення сонячних панелей на дахах промислових об’єктів, лікарень, комунальних закладів, а також малих вітрових установок;
3. мікромережі – невеликі локальні енергосистеми, які можуть бути відключені від центральної мережі та працювати автономно (розвиток систем накопичення).

В рамках реалізації даної програми вже з 1 жовтня 2025 року запрацює 8 парків накопичувачів, захищаючи мережу України. Так, група компаній KNESS завершила реалізацію найбільшого в країні комплексу промислових установок зберігання енергії (УЗЕ). Вісім нових об’єктів загальною ємністю понад 100 МВт·год вже підключені до мережі та готові виконувати роль "енергетичного щита" для України. Накопичувачі зможуть миттєво реагувати на збої та пікові навантаження, забезпечуючи надійне електропостачання мільйонів українців і промисловості [5].

Як зазначає А. Некрасов, системи зберігання енергії – це вже не плани майбутнього, а невід’ємний елемент сучасної енергетичної політики України [6].

На думку С. Гринчук: «В умовах масованих атак на українську енергосистему, роль систем накопичення енергії стала такою ж фундаментальною, як і сама генерація. Ухвалений урядом Національний план дій з відновлюваної енергетики до 2030 року чітко визначає потребу в подібних установках, і сьогодні ми бачимо, як стратегічні цілі втілюються в життя.» [7].

Варто зазначити, що на допомогу реалізації стратегії децентралізації енергетики активно відгукнувся фінансовий сектор. Банки та міжнародні фінансові установи усвідомили стратегічну важливість переходу до розподільної генерації і створили спеціалізовані програми фінансування [8].

Очікуваними результатами реалізації стратегії є: енергетична автономія на рівні регіонів та громад, зниження залежності від імпорту енергоносіїв, зростання частки відновлювальних джерел енергії в генерації країни [9], зменшення вразливості енергетичної системи від атак ворога та формування «енергетичного щита» як гарантії національної безпеки та енергетичної незалежності.

Висновки. Отже, стратегія децентралізації (розділеної генерації) є не лише реакцією на війну, а й фундаментом для зеленого відновлення та інтеграції України до європейського енергетичного ринку, створюючи сучасну та гнучку енергетику майбутнього.

Список використаних джерел:

1. Енергосистему України повністю синхронізовано з європейською енергомережею ENTSO-E. Національна енергетична компанія «Укренерго». URL: https://ua.energy/integraciya-do-entso-e/energosystemu-ukrayiny-povnistyu-synhronizovano-z-yevropejskoyu-energomerezheyu-entso-e/

2. Розподілена генерація електроенергії: що це та чому слід її розвивати в Україні? Прес-служба Апарату Верховної Ради України Верховна Рада України. URL: https://www.rada.gov.ua/news/news_kom/233288.html

3. Розподілена генерація: енергетичний щит України в умовах війни. Державна інспекція енергетичного нагляду України. Урядовий портал. URL: https://www.kmu.gov.ua/news/rozpodilena-heneratsiia-enerhetychnyi-shchyt-ukrainy-v-umovakh-viiny-derzhenerhonahliad

4. Про ринок електричної енергії: Закон України від 13.04.2017 № 2019-VIII. Офіційний вісник України. 2017. № 49, стор. 9, стаття 1506, код акта 86261/2017.

5. З 1 жовтня запрацює Новий "енергетичний щит" України: усі подробиці. Р. Ушаков Мета. URL: https://meta.ua/uk/lifestyle/technologies/z-1-zhovtnya-zapratsyue-novii-energetichnii-schit-ukrayini-usi-podrobitsi-898569/

6. Системи зберігання енергії: щит для України під час обстрілів та дороговказ у майбутнє. 100 RE UA – громадська спілка. URL: https://100re.org.ua/systemy-zberigannya-energiyi-shhyt-dlya-ukrayiny-pid-chas-obstriliv-ta-dorogovkaz-u-majbutnye/

7. Україна створила енергетичний щит проти атак. Портал новин Leopolis.news. URL: https://leopolis.news/ukrayina-stvoryla-energetychnyj-shhyt-proty-atak/

8. Розподілена генерація — щит енергобезпеки: як ПриватБанк фінансує нову енергетичну стійкість України**.** Є. Куліков. Онлайн-медіа «delo.ua». URL: https://delo.ua/banks/rozpodilena-generaciya-shhit-energobezpeki-yak-privatbank-finansuje-novu-energeticnu-stiikist-ukrayini-448473/?fbclid=IwY2xjawNHUVhleHRuA2FlbQIxMQBicmlkETFzaDlTZ2JTWmV3dFhkaXdzAR7aFIIKgyX4gnLT9h5zRp8OFix5cBSalHEdgZ5QMGZ-vJo4_aUR5Va4eiFgJw_aem_mLZQd7tLI8A1d5kpunr-OQ

9. Аналітичний звіт. Відновлювальна енергетика в Україні. BDO. URL: https://www.bdo.ua/getmedia/7999e62c-4b2b-4dbe-9de3-1baa2699f187/Analytical-Report-_Ukrainian-Renewable-Energy-Sector_2023_ukr.pdf

УДК 553.041:553.9

ГЕОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ ПІДВИЩЕННЯ ВУГЛЕВОДНЕВОГО ПОТЕНЦІАЛУ ЮЗІВСЬКОЇ ПЛОЩІ

Жикаляк М.В., *д. екон. н, докт. філос. (геол.), dongeo@ukr.net,*
Бондар О.П., *dongeo@ukr.net*,
ДРГП «Донецькгеологія», м. Бахмут–м.Київ, Україна

На прикладі Юзівської площі розглядаються геолого-тектонічні, геолого-формаційні, гідрогеологічні, катагенетичні, фільтраційно-ємнісні та зональні аспекти розповсюдження нафтогазових покладів південно-східної частини ДДЗ та північних і північно-західних окраїн Донбасу з метою підвищення надроресурсної ефективності угоди про розподіл продукції за спецдозволом від 06.03.2013 №4345. Для проведення цільових пошуково-розвідувальних робіт виділено 7 перспективних ділянок у зоні розповсюдження природних газів і 2 перспективні ділянки в Слов'янсько-Дронівській антиклінальній зоні поширення щільних пісковиків середнього карбону. Рекомендовано Кабінету Міністрів України розглянути доцільність залучення Юзівськоїплощі у сферу функціонування мінерально-сировинної угоди між Україною та США.

GEOLOGICAL FACTORS OF THE INCREASE IN HYDROCARBON POTENTIAL OF THE YUZIV AREA

Zhikalyak M., *Dr. Sci.(Econ.), PhD (Geol.), dongeo@ukr.net*,
Bondar O., *dongeo@ukr.net*,
DRGP «DonetskGeology», Bakhmut-Kyiv, Ukraine,

The example of the Yuzivska area considers geological-tectonic, geological-formational, hydrogeological, catagenetic, filtration-capacity and zonal aspects of the distribution of oil and gas deposits in the southeastern part of the Donbass and the northern and northwestern outskirts of Donbass in order to increase the efficiency of mineral resources under the production sharing agreement under special permit No. 4345 dated 06.03.2013. For targeted exploration and exploration work, 7 promising areas in the natural gas distribution zone and 2 promising areas in the Slavyansko-Dronivska anticlinal zone of dense sandstones of the Middle Carboniferous period are recommended. It is recommended that the Cabinet of Ministers of Ukraine consider the feasibility of including Yuzivska Square in the scope of the mineral resources agreement between Ukraine and the United States.

Вступ. Чимала втрата Україною в осінньо-зимовий період 2024-2025 років власного видобутку газу через російські ракетно-дронові обстріли та відволікання бюджетних коштів на імпорт більш дорогого європейського газу обумовлює проблему збільшення його видобутку як на освоєних, так і на резервних вітчизняних родовищах та ділянках. Високий ступінь виснаження початкових запасів природного газу на освоєних великих родовищах і відсутність хоча б часткового приросту видобутих запасів газу за рахунок цільових пошуково-розвідувальних робіт протягом останніх 15 років тільки актуалізує дану проблему, незважаючи на затяжну воєнну агресію Російської Федерації з метою успішного її вирішення необхідно перш за все, розібратися з ефективністю видобувного та резервного вуглеводневого фонду надр, оскільки освоєння флангів діючих родовищ і нових дрібних покладів природного газу, як і технологічно непідготовлене освоєння колекторів щільних порід на глибинах більше 3500 м не дадуть бажаного результату. Необхідно суттєво підвищити комплексність та достовірність обгрунтування перспективних нафтогазових ділянок з урахуванням не тільки сейсмостратиграфічних карт, але й геолого-тектонічних, геолого-формаційних, гідрогеологічних, катагенетичних та ємнісно-фільтраційних даних і закономірностей. Розглянемо дану тезу на прикладі Юзівської площі (ділянки), оператором-надрокористувачем якої за угодою про розподіл продукції зараз є ТОВ «Надра Юзівська».

1. Оцінка стану виконання геологорозвідувальних робіт на природний газ і нафту в межах Юзівської площі. Юзівська площа (ділянка) виділена в межах Донецької та Харківської областей з виключенням Північно-Волвенківського і Співаківського газових родовищ і Кам'янської площі в Харківській області та Дробишевського конденсатово-газового родовища в Донецькій області. Роботи на площі 7886 км^2 проводяться згідно спецдозволу на користування надрами від 06.03.2013 № 4345, виданому дочірній компанії «Шелл Експлорейшн енд Продакшн Юкрейн Інвестментс (IV)

Б.В.» строком на 20 років за угодою про розподіл продукції з Кабінетом Міністрів України. Після виходу компанії «Шелл» з угоди про розподіл продукції в 2017 році через війну на Донбасі права на Юзівську площу з 2018 року перейшли ТОВ «Надра Юзівська», якому до того належало всього 10 % майнових і ресурсних прав в угоді про розподіл продукції (УРП). Одночасно, без розгляду Кабінетом Міністрів України від імені держави результатів виконаних робіт по УРП за 5 попередніх років спецдозвіл №4345 з порушенням чинного регламенту був переоформлений на ТОВ «Надра Юзівська» строком з 06.03.2013 р. до 06.03.2063 р. Тобто не був виданий новий спецдозвіл, як це необхідно було зробити після розгляду результатів робіт за УРП, а сфальшовані надроресурсні права ТОВ «Надра Юзівська» на період 2013-2018 років, коли вони йому не належали. Крім того, незважаючи на відсутність 50-річної правової норми терміну дії спецдозволу №4345, строк його чинності незаконно та упереджено визначений з 06.03.2013 р. до 06.03.2063 р. В подальшому, 05 січня 2021 року НАК «Нафтогаз України» на підставі розпорядження Кабінету Міністрів України від 16.12. 2020 №1574-р «Деякі питання придбання акціонерним товариством «Національна акціонерна компанія «Нафтогаз України» частки корпоративних прав», придбав 100% частку у статутному капіталі ТОВ «Надра Юзівська». Пізніше згідно розпорядження Кабінету Міністрів України від 02.04.2021 №271-р дочірня компанія» «Шелл Експлорейшн енд Продакшн Юкрейн Інвестментс (IV) Б.В.» (дочірня компвнія «Шелл (IV) Б.В.») була вилучена з УРП щодо поетапного освоєння вуглеводнів Юзівської площі, а всі права інвестора та оператора перейшли до ТОВ «Надра Юзівська». При цьому, на відміну від дочірньої компанії «Шелл (IV) Б.В.», після набуття ТОВ «Надра Юзівська» 100% прав Оператора-ліцензіата на Юзівську площу всі комплексні геологічні дослідження припинилися, а діяльність самого товариства перетворилася на витратно-рентоорієнтоване використання державних коштів з упередженим нав'язуванням у межах Юзівської площі об'єктів і технологій сланцевих товщ. Це протирічить переліку корисних копалин згідно спецдозволу №4345, оскільки в першу чергу необхідно було оцінювати перспективи виявлення в межах Юзівської площі покладів природного газу. Крім того, програмою та бюджетом робіт ТОВ «Надра Юзівська» була затверджена Стратегія соціальних інвестицій, а не програма пошуково-розвідувальних робіт тощо.

На підставі викладеного можна зробити висновок, що Юзівська площа забезпечена головним чином комплексними геолого-геофізичними дослідженнями минулих років, які розпочалися Борисяком О.О. в 1905 р. з обґрунтуванням детальної стратиграфічної схеми юрських відкладів і складання геологічної карти північно-західних окраїн Донбасу.. Геолого-знімальні роботи кайнозойських відкладів у 1940-х роках здійснювало Українське геологічне управління, однак кондиційне геологічне знімання території масштабу 1:200 000 – 1:50 000 проводилось протягом 1960– 1990 років. З 1991 року розпочалося геологічне довивчення аркушів масштабу 1:200 000 з підготовкою до видання Держгеолкарти-200. Вивчення глибинної будови та перспектив нафтогазоносності антиклінальних піднять і солянокупольних структур здійснювалося в 1960-1980 роках, а оцінка закономірностей локалізації покладів і рудопроявів ртуті, свинцю та цинку проводилося з 1970 р. до 1991 р. Гідрогеологічна та геофізична вивченість Юзівської площі та прилеглих територій в цілому характеризується масштабом 1:200 000 і 1:50 000 – 1:25 000 стосовно антиклінальних піднять та солянокупольних структур.

Найбільш знаковими роботами останніх років можна вважати дослідження Бенька В.М., Маєвського Б.Й., Лагутіна А.А. і Хомина В.Р. стосовно вивчення особливостей геологічної будови та оцінки перспектив нафтогазоносності глибокозанурених горизонтів Дніпровсько-Донецької западини (2013 р.) [1], а також побудову ДГП «Укргеофізика» сейсмостратиграфічних карт ДДЗ і північно-західних окраїн Донбасу (2021 р.) з виділенням позитивних структур, соляних штоків, відомих родовищ і потенційних покладів нафти та природного газу [4]. Авторами статті на основі узагальнення, аналізу та комплексної інтерпретації усіх геолого-геофізичних матеріалів

минулих років додатково побудовані інноваційні геолого-тектонічна і геолого-формаційна карти та карти катагенезу і вуглеводневої зональності кам'яновугільних відкладів з обгрунтуванням нафтогазового потенціалу Юзівської площі.

2. Особливості геологічної будови Юзівської площі та прилеглих територій. Сукупність сейсмостратиграфічних даних, зокрема по профілю «Добре», дозволяють припустити, що формування Дніпровсько-Донського прогину здійснювалося в умовах рифтоподібного тектогенезу на місці середньо-пізньопротерозойського синклінорію між Курсько-Воронезьким і Дніпровсько-Таганрозьким антиклінаріями з проникненням у зони обширного апоспредінгового розтягу базальтової магми та інтрузій гранітів і гранодіоритів. При цьому покрови базальтової магми при охолодженні обумовили формування в межах ложа Дніпровсько-Донського прогину грабенів, а гранітоїдні інтрузії – горстів. Самостійний платформовий розвиток Донбасу і ДДЗ розпочався в процесі кімерійського тектогенезу після завершення формування Донбаської складчастої області в дотріасовий період.

Тектонічна межа між Донбасом і ДДЗ є поступовою, ступенеподібною в залежності від особливостей будови північної, центральної та південної структурно-формаційних зон. Від східного кордону України північна межа Донбасу проводиться по Сіверськодонецькому насуву, далі по Добропільському підкиду до центральнодонбаської антиклінальної зони через Троїцьке і Мечебилівське підняття до Балаклійського підкиду і вздовж нього до підошви карбону в Західному Донбасі [3] .

2.1. Геолого-тектонічні аспекти. Основними плікативними структурами південно-східної частини Юзівської площі є Бахмутська і Кальміус-Торецька котловини (улоговини) та Красногорівська мульда, східної - Оскільське підняття та Кам'янсько-Дробишевська і Волвенківсько-Корульська зона солянокупольних піднять і північно-західне продовження центральної антиклінальної зони Донбасу, яке представлене Мечебилівським і Олексіївським підняттями. З північного сходу Юзівська площа обмежена басейновим Сіверськодонецьким насувом і регіональним Шебелинським скидом субширотного простягання, а з південного заходу – зоною Олександрівсько-Волноваського підкиду та Криворізько-Павлівського скиду. Осьова частина центральної антиклінальної зони Донбасу і ДДЗ ускладнена Осьовим і Південним насувами. Кальміус-Торецька котловина відділяється від Красногорівської мульди басейновим Мушкетівським насувом, а Красногорівська мульда від Покровсько-Південно-Донбаської моноклінальної зони – Покровсько-Селидівським насувом. Бахмутська котловина ускладнена субширотними Святогірським, Мар'ївським і Берестянським насувами та південно-західним закінченням регіонального Алмазного насуву [3].

У процесі альпійського тектогенезу, з горизонтальним насуванням (тиском) з півдня-південного сходу на Східно-Європейську платформу Кавказької геосинкліналі, в Донбасі та ДДЗ сформувалася система більш молодих розривних порушень північно-східного простягання. В межах Юзівської площі з північного заходу на південний схід вони представлені Балаклійським підкидом, Петрівським і Самарсько-Оскільським скидами, Добропільським підкидом із сателітним Адамівським скидом, Ямпільським скидом і Бахмутським та Дебальцевським підкидами. Діапірово-магматичний тектогенез представлений добре вивченими Берецьким, Новодмитрівським, Адамівським і Бантишівським соляними штоками, а також прогнозованими на глибинах 1800-2500 м Балаклійським, Протопопівським, Заводським, Ізюмським, Бахтинським, Радьківським, Оскільським, Щуровським і Східно-Святогірським соляними діапірами.

2.2. Закономірності розповсюдження геологічних формацій. На домезозойській поверхні Юзівської площі найбільш поширеною є сульфатно-хлоридна (хемогенна) формація нижньої пермі, по периферії якої у вигляді вузької стрічки розвинута червонобарвна міденосна формація нижньої пермі. Залягаюча нижче вугленосна паралічна формація середнього–верхнього карбону поширена в південно-західній частині Юзівської площі практично до зони Олександрівського підкиду і Криворізько-Павлівського скиду,

повністю формує докайнозойську поверхню Донбаської складчастої області та осьові частини центральнодонбаської антиклінальної зони і солянокупольних піднять ДДЗ.

На північно-східному борту Донбасу та ДДЗ вугленосна паралічна формація переходить у потужні морські піщано-сланцеву та карбонатно-теригенну формації середнього карбону, а в межах Східно-Європейської платформи – в карбонатну формацію нижнього-середнього карбону. Покрівлею вугленосної паралічної формації середнього-верхнього карбону в ДДЗ і Північному Донбасі служить луганська світа – строкатобарвний літолого-фаціальний аналог верхньої частини світи C_3^3 Донбасу. Підстилається вугленосна паралічна формація піщано-сланцевою прибережно-морською формацією середнього карбону, яка з глибиною від периферії до осьової частини Дніпровсько-Донського прогину переходить у вуглеродисто-сланцеву формацію. На південному сході Головної антикліналі Донбасу її осьова частина представлена сланцево-флішоїдною формацією нижнього карбону.

В цілому, у межах всього Дніпровсько-Донського палеозойського прогину, вугленосна паралічна формація середнього-верхнього карбону представлена потужним геологічним тілом лінзовидної форми, яке звужується та зменшується за потужністю в напрямку з південного сходу на північний захід до повного виклинювання у північно-західній частині ДДЗ. Західний та Південний Донбас представлений самостійною вугленосною лімнічною формацією нижнього карбону. Межі та переходи між геологічними формаціями в геологічному розрізі Юзівської площі є поступовими зі зміною стратиграфічного рівня їх залягання в напрямку від периферії до осьової частини Дніпровсько-Донського прогину та з північного заходу на південний схід.

Закономірності розповсюдження геологічних формацій обумовлюють локалізацію в геологічному розрізі та на площі покладів корисних копалин. При цьому найбільш перспективними на природний газ і нафту є карбонатно-теригенна формація середнього карбону і морська та прибережно-морська піщано-сланцеві формації середнього карбону. Крім того, продуктивні поклади природного газу в межах Юзівської площі можуть локалізуватися в багатоярусних верствах пісковиків у верхній частині вугленосної паралічної формації (традиційні та щільні гранулярні колектори). Перспективи вуглеродистої сланцевої формації на газ метан сланцевих товщ не мають практичного значення у зв'язку із великою глибиною її залягання (понад 5000 м), технічними, технологічними та еколого-економічними проблемами і ризиками. Вивчення та поетапне освоєння метану вугільних родовищ і шахт, просторово пов'язаного із вугільною паралічною формацією, доцільно здійснювати в межах вуглепромислових районів у технологічному комплексі разом із вуглевидобутком. Тому газ сланцевих товщ (сланцевий газ) і газ метан вугільних родовищ і шахт необхідно вилучити із переліку корисних копалин спецдозволу на користування надрами №4345.

2.3. Характеристика катагенезу порід і метаморфізму вугілля. Юзівська площа в межах Бахмутської й Кальміус-Торецької котловин та їх північно-західного продовження характеризується початковим мезокатагенезом порід стадії $МК_1$ (вугілля марки Д) з протокатагенезом ПК (вугілля марки Б) в центральній частині Бахмутської котловини. У бортових зонах котловин і синклінальних прогинах катагенез порід верхнього і середнього карбону представлений мезокатагенезом $МК_3$ (вугілля марки $Г_3$), а центральна антиклінальна зона ДДЗ і Донбасу, крім Головної антикліналі, мезокатагенезом $МК_3$ (вугілля марки $Г_3$) і $МК_4$ (вугілля марки Ж). У межах Головної антикліналі Донбасу катагенетичні зміни карбону закономірно зростають від її периферії до осьової частини та з північного заходу на південний схід з апокатагенезу $АК_1$ (вугілля марки ПС) до $АК_3$ (вугілля марки НА) і протометаморфізму (вугілля марки А). Для Західного Донбасу характерна обширна катагенетична аномалія порід нижнього і середнього карбону від метакатагенезу $МК_3$ (вугілля марки $Г_3$) до апокатагенезу (вугілля марки П), яка, вірогідно, обумовлена термальним впливом гранітного масиву ранньопротерозойського віку. В межах Східно-Європейської платформи розвинута початкова зона метакатагенезу $МК_1$

(вугілля марки Д), а на платформовому схилі Дніпровсько-Донського прогину – мезокатагенезу $МК_2$ (вугілля марки $Г_2$) із зростанням до $МК_3$ (вугілля марки $Г_3$) у припіднятому крилі Новоайдарського скиду.

Зниження колекторських властивостей продуктивних гранулярних колекторів залежить від збільшення ступеня катагенетичних перетворень порід середнього та верхнього карбону, яка на одному й тому ж рівні у різних районах буде різною. В цілому катагенез порід (метаморфізм вугілля) карбону закономірно зростає від периферії Дніпровсько-Донського прогину до центральної антиклінальної зони ДДЗ і Донбасу та з північного заходу на південний схід. З глибиною ступінь катагенетичних перетворень порід середнього карбону Юзівської площі відповідає ступеню $АК_1$ (вугілля марки ПС) і поступово збільшується до $АК_3$ (вугілля марки НА) на глибині 7 км [1,3]. Найбільш продуктивними для локалізації покладів природного газу є катагенетичні перетворення порід - гранулярних колекторів мезокатагенезу $МК_2$ (вугілля марки $Г_2$) і $МК_3$ (вугілля марки $Г_3$), а для нафти – $МК_1$ (вугілля марки Д) і $МК_2$ (вугілля марки $Г_2$).

У Донецькому басейні та в північно-західних окраїнах Донбасу в залежності від ступеня катагенетичсних перетворень гранулярних колекторів середнього карбону відкрита пористість пісковиків зменшується з 13% до 3% від зони $МК_2$ (вугілля марки $Г_2$) до зони $МК_4$ (вугілля марки Ж) у прибережно-морських і озерних фаціях та від 20% до 5% у фаціях русел і дельт [3]. Зменшення відкритої пористості з глибиною у зв'язку із збільшенням тиску і температури обумовлює прояв параболічної залежності зміни потенційної газонасиченості пісковиків з глибиною і формування зони їх максимальної газонасиченості на оптимальних глибинах. У Центральному і Південно-Західному Донбасі в безпосередній близькості від Юзівської площі глибина залягання зони максимальної газонасиченості пісковиків змінюється від 1500 м у Донецько-Макіївському районі до 2500 м у Покровському районі. В межах південно-західної частини ДДЗ прогнозується на глибинах 3500-4600 [1]. При цьому для верств щільних пісковиків необхідно враховувати ступінь їх водонасичення та вміст глинистого цементу.

3. Комплексне обгрунтування нафтогазового потенціалу Юзівської площі. Юзівська площа є найменш вивченим нафтогазоносним регіоном південно-східної частини ДДЗ і північно-західних окраїн Донбасу, що обумовлено зменшенням у нафтогазоматеринських формаціях вмісту органічного вуглецю, пористості та проникності порід у напрямках з північного заходу на південний схід та від периферії до осьової частини Дніпровсько-Донського прогину. Крім того, за результатами цільових пошуково-розвідувальних робіт минулих років у межах антиклінальних піднять здебільшого були виявлені лише незначні поклади природного газу через неврахування, на нашу думку, особливостей взаємовідносин продуктивних геологічних формацій та тектонічної будови докайнозойських і домезозойських відкладів, зокрема, ігнорування зміщення осьових частин антиклінальних піднять на докайнозойській поверхні відносно домезозойської в результаті кімерійського тектоногенезу. Розвідані Волвенківське, Дробишевське, Співаківське та Яремівське родовища природного газу скоріше є успішним винятком, який тільки підтверджує зазначені недоліки пошуково-розвідувальних робіт минулих років.

Охарактеризовані в попередньому розділі геолого-тектонічні аспекти, закономірності розповсюдження геологічних формацій та зони катагенезу кам'яновугільних порід значною мірою унеможливлюють повторення системних недоліків у процесі подальших геологічних досліджень та пошуково-розвідувальних робіт. Однак найбільш вагомі результати цього обгрунтування реального нафтогазового потенціалу Юзівської площі отримані за результатами побудови карти вуглеводневої зональності кам'яновугільних відкладів. Виявилося, що зона природного газу займає тільки крайню північну частину Юзівської площі, а найбільш поширеним у межах субширотних антиклінальних піднять є газ щільних пісковиків. За межами південно-західної частини Юзівської площі, на Дружківсько-Костянтинівській та Лисичанській

антикліналях і на крилах Головної антикліналі поширений газ метан вугільних родовищ і шахт. Осьова зона південно-східної частини Головної антикліналі характеризується метановим вивітрюванням, а північно-східна частина Східно-Європейської платформи – нафтогазовим вивітрюванням.

На основі виявлених особливостей та закономірностей з урахуванням гравіметричних і сейсмостратиграфічних даних у межах газоносної зони Юзівської площі на природний газ виділено 7 перспективних ділянок (Балаклійська, Ізюмська, Іскрівська, Оскільська, Колодязна, Східно-Святогірська і Форпостна) та 5 ділянок з невиясненими перспективами (Вільховацька, Межиріцька, Залиманська, Іванівська і Кам'янська). У зоні щільних пісковиків виділені перспективні Хрестищенська і Брусинська ділянки та з невиясненими перспективами Закітнянська ділянка. В межах розповсюдження на Юзівській площі сланцевої та вугленосної паралічних формацій карбону не виділено жодного об'єкту, перспективного на газ метан сланцевих товщ (сланцевий газ) та метан вугільних родовищ і шахт. Значить, реальні нафтогазові перспективи Юзівської площі пов'язані тільки із ділянками продуктивної газоносної зони та потенційно продуктивною зоною щільних пісковиків. При цьому на загальні видобувні запаси вуглеводнів на ділянках щільних пісковиків будуть впливати їх обводненість та додаткова міграція нафти і природного газу під впливом гідротермальних розчинів у зонах соляних штоків і ртутно-поліметалічних рудоносних зон у процесі кімерійського тектогенезу. Це підтверджується епігенетичним освітленням від 50% до 80% пісковиків дронівської світи нижнього тріасу по периферії Адамівського соляного штоку.

Фахівцями ТОВ «ДТЕК Нафтогаз» пропонується виділити самостійний геолого-промисловий тип природного газу щільних порід, до якого віднести газ щільних колекторів пористістю не більше 8% і проникністю не більше 1 мілідарсі [2]. При розвідці вугільних родовищ у межах Дружківсько-Костянтинівської антикліналі в 19 свердловинах визначена пористість, яка на глибинах з 250 м до 2500 м змінюється від 16,3% до 3,0% (зона катагенезу порід $МК_2$-$МК_5$). Однак пористість не дає повної уяви про газоносність даних пісковиків, тому в процесі спеціалізованих досліджень встановлено, що при водонасиченні пісковиків менше 20% (зона ГВК) і проникності більше 1 мілідарсі газонасичення відкритих пор щільних пісковиків складатиме 60-80% (типовий газоносний колектор), при їх водонасиченні 20-30% і проникності 0,7-1 мілідарсі газонасичення пор становить 40-50%, при водонасиченні 30-40% і проникності 0,3-0,7 мілідарсі газонасичення порід досягає 25-30%, а при водонасиченні щільних пісковиків 40-50% і більше та проникності 0,1-0,3 мілідарсі – не перевищує 10-15%. [3]. Тому потенційно промисловими можна вважати поклади природного газу щільних пісковиків проникністю від 0,3 мілідарсі та водонасиченням менше 40%. Першочерговими для розкриття буровими свердловинами та освоєння доцільно рекомендувати потенційно газоносні горизонти – аналоги продуктивних горизонтів московського ($М_1$, $М_3$, $М_4$, $М_7$) і башкирського ($Б_2$, $Б_4$, $Б_5$, $Б_7$, $Б_9$) горизонтів середнього карбону південно-східної частини ДДЗ та північно-західних окраїн Донбасу.

Висновки. Оцінка реального стану геологічного вивчення Юзівської площі на вуглеводні, характеристика геолого-тектонічних аспектів, закономірностей розповсюдження верхньопалеозойських геологічних формацій, катагенетичної та нафтогазової зональності кам'яновугільних відкладів дозволили суттєво оптимізувати перспективи південно-східної частини ДДЗ та північно-західних окраїн Донбасу на природний газ і газ щільних пісковиків. У межах газоносної зони Юзівської площі виділено 7 перспективних ділянок і 5 ділянок з невизначеними перспективами, а в зоні розповсюдження щільних пісковиків – дві перспективні ділянки та одна з невизначеними перспективами. Встановлена доцільність виключення із переліку корисних копалин у спецдозволі від 06.03.2013 №4345 газу сланцевих товщ, метану вугільних родовищ і шахт та нафти, а газ центральнобасейнового типу у даному спецдозволі треба замінити на газ щільних пісковиків.

Рекомендується Кабінету Міністрів України як учаснику угоди про розподіл продукції щодо поетапного освоєння Юзівської площі від імені держави доручити спеціально уповноваженим органам провести перевірку ефективності надроресурсної діяльності
ТОВ «Надра Юзівська» за спецдощволом №4345. У подальшому розглянути доцільність передачі даного спецдозволу в сферу мінерально-сировинної угоди між Україною та США і спеціального американсько-українського інвестиційного фонду.

Список використаних джерел:

1. Особливості геологічної будови і перспективи нафтогазоносності глибокозанурених горизонтів Дніпровсько-Донецької западини: Монографія/В.М. Бенько, Б.Й Маєвський, А.А. Лагутін, В.Р. Хомин; за заг.ред. Маєвського Б.Й. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2013 - 208 с.

2. Гафич І.П., Коляда М.І. Важковидобувні запаси українських газових родовищ – шлях до нарощування видобутку газу/Матеріали IX міжн. наук.-практ. конф. «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування», 8-11 жовтня 2024, Львів – с. 72-77.

3. Жикаляк М.В. Особливості геологічної будови і перспективи газоносності західної частини центральнодонбаської зони лінійної складчастості/Матеріали III наук.-практ. конф. «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування», Трускавець, 4-7 жовтня 2016 – с. 183-194.

4. Структурні карти ДДЗ по горизонтам Vб. ДГП «Укргеофізика», відп. вик. Гейко Т.С. 2021.

УДК 552.143.551.763 (477.8)

УМОВИ УТВОРЕННЯ КРЕЙДЯНИХ ВІДКЛАДІВ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ

Попп І.Т., *к. геол.-мін. н., с. наук. с.,itpopp@ukr.net,*
Гавришків Г.Я., *к. геол. н., galinah2404@gmail.com,*
Мороз П.В.*, petro.m.v@gmail.com,*
Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна

Розглянуті літолого-фаціальні особливості і умови утворення крейдяних відкладів Українських Карпат та перспективи їх нафтогазоносності. В їх розрізі (спаська, шипотська, стрийська світи) подекуди присутні пісковики, які можуть бути колекторами для промислових скупчень вуглеводнів. Потужні піскуваті товщі утворилися як відклади гравітаційних потоків на другому рівні лавинної седиментації, в підніжжі континентального схилу північної континентальної окраїни океану Тетіс. Утворення бітумінозних нафтоматеринських кременисто-глинисті відкладів пов'язане зі сповільненням процесів теригенного осадонагромадження і фазою океанічних безкисневих подій ОАЕ-1 (баррем-альб).

CONDITIONS OF FORMATION OF CRETACEOUS DEPOSITS OF THE UKRAINIAN CARPATHIANS AND PROSPECTS OF THEIR OIL AND GAS POTENTIAL

Popp I., *PhD (Geol.-Mineral.), senior scientist,itpopp@ukr.net,*
Havryshkiv H., *PhD (Geol.), galinah2404@gmail.com,*
Moroz P., *petro.m.v@gmail.com,*
Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals, NAS Ukraine, Lviv, Ukraine

The lithological and facies features and conditions of formation of Cretaceous deposits of the Ukrainian Carpathians and prospects of their oil and gas potential are considered. These deposits (Spas, Shipot and Stryj Formation) contain sandstones that can be industrial reservoirs for hydrocarbons. Thick sandy strata in the middle part formed as deposits of gravity flows at the second level of avalanche sedimentation, at the foot of the continental slope of the northern continental margin of the Tethys Ocean. Formation of bituminous parent-rocks-of-oil siliceous-clayse sediment ationsis related to deceleration of processes of terigenous sedimentation and phases of ocean anoxic events of OAE- 1 (Barem-Alb).

Крейдяні флішові відклади північного схилу Українських Карпат на відміну від товщ палеогенового віку не містять промислових покладів вуглеводнів. В них наявні окремі прояви нафтогазоносності. Тому вони залишаються перспективним об'єктом для пошуків родовищ нафти і газу, що зумовлює актуальність їх детального літологічного та седиментологічного вивчення [3–5, 7. 10, 11, 13, 14].

Літолого-фаціальні особливості. Крейдяні відклади встановлені на значній території гірської споруди Українських Карпат [3]. Їхній вік обґрунтовується знахідками амонітів, белемнітів, іноцерамів, а також виявленими при лабораторних дослідженнях комплексами форамініфер і вапняковистого планктону. Розрізи нижньої крейди відслонюються переважно на півдні досліджуваного регіону, частково в північно-західній частині Скибової зони. Верхньокрейдяні осадові утворення розвинені ширше. Вони відомі у всіх структурно-фаціальних зонах, за винятком Магурської. На південному схилі Українських Карпат крейдяні відклади представлені у Буркутській зоні – породами буркутської (альб-сеноман), Сухівській – білотисенської (верхній барем-альб), Рахівській – кам'янопотоцької (титон-беріас), рахівської (валанжин-нижній барем) і вовчинської (верхній барем-нижній апт), Мармароській – соймульської (альб-сеноман), Пенінській – свалявської (титон-барем) і тиссальської (альб-сеноман) світ. Основними об'єктами наших [5–9, 11] досліджень були вуглецевмісні скременілі теригенно-глинисті відклади шипотської і спаської світ (верхній барем-альб) і ваняковисто-глинисто-теригенний фліш стрийської світи (верхній турон – нижній палеоцен). Нами проведене седиментологічне, літологічне, мінералого-петрографічне і геохімічне вивчення цих осадових утворень.

Характерною особливістю мезопелагічних верхньобарем-альбських відкладів шипотської і спаської світ, є високий вміст органічної речовини (ОР) і біогенного кремнезему в теригенно-глинистих породах, наявність в товщі проверстків силіцитів

(фтанітів, спонголітів, гезів) і діагенетичних карбонатних конкрецій. Ці осадові товщі характеризуються нами як нафтогазоматеринські і потенційно нафтогазоносні.

Осадова товща *шипотської світи* відслонюється в Кросненській, Дуклянській, Чорногорській, Свидовецькій, Красношорській зонах Українських Карпат. На території Румунських Карпат стратиграфічним і літологічним аналогом шипотських відкладів є шари Аудія. В нижньошипотській підсвіті догори за розрізом виділяються дві товщі: глиниста і піщано-глиниста. Верхньошипотська підсвіта складена середньо- і грубошаруватими міцними кварцовими, зрідка глауконітовими пісковиками, що перешаровуються з прошарками темно-сірих із зеленуватим відтінком аргілітів і алевролітів. Породи з підвищеним вмістом розсіяної органічної речовини, біогенного кремнезему, а також парагенетично пов'язані з ними конкреційні утворення карбонатного складу, зазвичай приурочені до нижньої частини шипотських відкладів. Так, в стратотипічному розрізі, в басейні р. Чорний Черемош в низах нижньошипотської підсвіти залягає потужня товща (до 300 м), представлена переважно чорними некарбонатними аргілітами, у середній частині якої виділяється пачка, збагачена конкреціями розміром до 1,5 м і прошарками (до 45 см) сидеритів. Вище за розрізом відклади набувають характеру ритмічної флішової товщі. У багатьох розрізах (зокрема в басейні Чорного Черемошу) в низах підсвіти зустрічаються поодинокі малопотужні прошарки і лінзочки фтанітів, а вище по розрізі – тонкошаруватих скременілих чорних і темно-сірих із зеленкуватим відтінком аргілітів і алевролітів. У верхній частині верхньошипотської підсвіти прослідковуються прошарки (до 10 см) сірих і світло-сірих, інколи з голубуватим відтінком, часто смугастих силіцитів.

Відклади *спаської світи* розвинені у відслоненнях в північно-західній частині Скибової зони, в басейні рік Дністра і Стрия. На великих глибинах (близько 4–5 км) вони розкриті свердловинами Луги-1 і Шевченково-1. Широко розповсюджені спаські відклади в Польських Карпатах. Нижньоспаську підсвіту (100 м) складають чорні бітумінозні аргіліти з тонкими прошарками скременілих пісковиків. Іноді в них зустрічаються лінзоподібні карбонатні конкреції. Догори за розрізом чорні аргіліти переходять у потужну товщу масивних тершівських пісковиків, яка в північно-західному напрямку фаціально заміщується піщано-глинистим флішом. Верхня частина (90–105 м) верхньоспаської підсвіти складена чорними скременілими аргілітами з прошарками чорних силіцитів (фтанітів) і темно-сірих скременілих пісковиків.

Породи спаської і шипотської світ дещо подібні за своїми літологічними особливостями. В нижній частині розрізів простежуються лінзоподібні проверстки сидеритів, які в зоні Аудіа Румунських Карпат виділяються окремо. Темно-сірі тонко- й середньоритмічні невапняковисті відклади верхньої частини розрізу в покрівлі вміщують горизонт силіцитів, які корелюється з "мікушовецькими роговиками" Польських Карпат. Згідно [6, 12] в товщах спаської і шипотської світ виділяються пісковики двох типів – мікрозернисті олігоміктові (так звані "склисті" різновиди) і різнозернисті поліміктові; алевроліти переважно тнкоплитчасті; алевролітам властиве закомірне розміщення в ритмах – чорні та зеленуваті. Різнозернисті грубоверствуваті масивні тершівські пісковики (1,5–25 м) на великих глибинах можуть бути колекторами нафти.

Сеноман-нижньотуронські відклади *головнінської світи* (до 100 м), розвинені в північно-західній частині Скибової зони Карпат (басейни рік Дністра і Стрия) і представлені сірими скременілими фукоїдними вапняками мергелями з прошарками зеленувато-сірих і темно-сірих аргілітів і алевролітів, в південно-східному напрямку фаціально заміщуються строкатою товщою *ілемкінської світи* (до 380−400 м), складеною червоними і сіро-зеленими аргілітами з прошарками вишнево-червоних мергелів. В Кросненській, Дуклянській, Чорногорській, Свидовецькій, Красношорській зонах розвинена строката глиниста товща *яловецької світи* (сеноман-турон), поділена на дві підсвіти: нижню (20−30 м), представлену червоними і вишнево-червоними невапняковистими аргілітами з прошарками зелених аргілітів та верхню (100−200 м),

складену чергуванням пакетів світло-зелених і зелених невапняковистих аргілітів з окремими прошарками пісковиків. Мергелиста фація яловецької строкатої товщі поширена у Говерлянській підзоні Чорногорської зони і у Кросненській та, частково, у Свідовецькій зонах, піскувата – в Красношорській зоні. Яловецькі відклади фаціально заміщуються в Сухівській зоні сірими піскувато-мергелистими утвореннями сухівської світи, а в Буркутській зоні – пісковиками буркутської світи.

Підвищений вміст розсіяної ОР і діагенетичного піриту в нихньокрейдових відкладах є свідченням, що їх седиментогенез і діагенез відбувався в безкисневих відновних умовах. Уверх по розрізу вони змінюються мергелистими породами головнінської світи і строкатими глинистими утвореннями ілемкінської і яловецької світ, які нагромаджувалися в окисній обстановці.. В результаті польових спостережень встановлено, що чорні і темно-сірі аргіліти верхньошипотської підсвіти (альб) змінюються спочатку зеленими, а потім червоними аргілітами нижньояловецької підсвіти (турон). Не відмічається жодного випадку, щоб чорні або темно-сірі глинисті породи перешаровувалися з червоними. У відслоненнях спостерігається тільки чергування чорних аргілітів з темно-сірими і зеленими, або зелених з червоними. Це, на нашу думку, свідчить про зв`язок забарвлення порід з геохімічними умовами седиментації (переходом від відновних до окисних умов), а не з періодичним надходженням у басейн вулканогенного чи осадового матеріалу певного складу. Зі зміною окисно-відновного потенціалу (*Eh*) змінювався і речовинний склад різноманітних домішок в аргілітах та, відповідно, їх забарвлення.

Карбонатно-теригенні відклади *стрийської світи* (1150–1800 м) Скибової зони Карпат і Передкарпатського прогину охоплюють розріз від верхньої частини туронського ярусу до низів палеоцену. Вони є потенційно нафтогазоносними. Пісковики і алевроліти можуть бути породами-колекторами вуглеводнів. Стрийські відклади поділяються на три підсвіти та згідно залягають на теригенно-карбонатних утвореннях головнінської світи, з якими пов’язані поступовим переходом. Нижньострийська підсвіта представлена перешаровуванням потужних пластів пісковиків (до 1,5 м) з пачками тонкоритмічного чергування пісковиків, алевролітів і аргілітів та поодинокими прошарками скременілих фукоїдних мергелів, подібних до головнінських. В межах досліджуваної території (північний захід Скибової зони) спостерігаються два фаціально літологічних типи розрізів нижньострийської підсвіти: рибницький (басейни рік Стрий та Опір) і яремчанський (басейні р. Прут). В рибницькому типі розрізу (басейн рік Стрий та Опір) нижньострийська підсвіта складена середньо- і товсторитмічним глинисто-піщаним флішем, в якому зустрічаються прошарки кременистих мергелів. Яремчанський тип розрізу представлений чергуванням пісковиків, алевролітів, аргілітів та мергелів. Середньострийська підсвіта порівняно нижньострийською характеризується ширшим розвитком потужних піщаних верств і відсутністю мергелистих прошарків. Відклади верхньострийської підсвіти представлені тонкоритмічним чергуванням пісковиків, алевролітів і аргілітів. В крайніх південних скибах (Брустуранки, Синевіра, Славська) окремі відклади стрийської світи представлені нерозчленованим нерівномірноритмічним глинисто-піскуватим флішом, серед якого трапляються окремі пачки товстошаруватих і навіть масивних пісковиків (до 3–4 м). В розрізі скиби Парашки, в долині р. Прута на різних стратиграфічних рівнях відмічається декілька пачок масивних пісковиків, а також шість строкатих горизонтів потужністю від 2 до 30 м, представлених пачками червоних і зелених аргілітів. Появи цих строкатих горизонтів у відкладах стрийської світи пояснюємо флуктуаціями глибини карбонатної компенсації (ГКК).

Стратиграфічними і літологічними аналогами стрийських відкладів є верхньокрейдовий піскувато-глинистий фліш Венгловецької, Кросненської і Магурської зон і темноколірний глинисто-піскуватий фліш березнянської світи (до 800м) Переддуклянської і Дуклянської зон. Характерною закономірністю поширення верхньокрейдяних відкладів південного схилу Українських Карпат є значне зростання

ролі піскуватих і грубоуламкових порід в південно-східному напрямку, в Чорногорській, Свидовецькій, Красношорській, Сухівській зонах (чорногорська, красношорська, терешовська світи).

Умови седиментогенезу. Формування вуглецевмісних товщ верхнього баремуальбу Українських Карпат пов'язані [6–9, 11] з фазою океанічних безкисневих подій OAE-1, яка всередині крейдяного періоду широко проявила себе у Світовому океані [8, 12, 15]. Седиментація цих осадових утворень відбувалася в зоні кисневого мінімуму, переважно нижче ГКК. Поступовий перехід від нижньокрейдяних чорносланцевих до верхньокрейдяних карбонатних і строкатих (зеленувато-сірих і червоних) відкладів вверх по розрізу є свідченням зміни фізико-хімічних умов в придонних водах седиментаційного басейну від анаеробних відновних до аеробних окисних, а також підвищення рівня моря (рисунок). Червоні глинисті верстви в нижній частині ялвецької світи (сеноман) є свідченням глобальної події CORBs (Cretaceous Oceanic Red Beds), коли в пелагіалі океанічних басейнів переважали різкокисні умови [2, 16]. Окремі прошарки чорних аргілітів в товщах головнінської (сеноман-турон) і березнянської (сантон) світ можна інтерпретувати як ймовірні прояви фаз океанічних безкисневих подій OAE-2 і OAE-3 [1, 9]. Але це питання вимагає більш детального вивчення.

В крейдяному періоді в Карпатському седиментаційному басейні почалися процеси, що привели до потужного флішонагромадження, пов'язаного зі стадією закриття океанічного басейну. В цих умовах седиментація біогенних карбонатів відбувалася паралельно з осадженням великої кількості теригенного матеріалу, що приводило до відкладів змішаного складу. Горизонти відносно чистих вапняків і мергелів в товщі флішу трапляються досить рідко. Їх формування можна пов'язувати з епохами сповільненої теригенної седиментації. Біогенне карбонатонагромадження в Карпатському флішовому басейні відбувалося вище рівня ГКК паралельно з нагромадженням великих кількостей уламкового матеріалу в підніжжі континентального схилу (другий рівень лавинної седиментації), що привело до формування потужної товщі змішаних вапняковисто-глинисто-теригенних відкладів стрийської світи, які часто виступають породами-колекторами нафти і газу. Седиментогенний карбонат, як один з головних породоутворювальних компонентів сірих вапняковисто-глинисто-теригенних відкладів карпатського флішу, в седиментаційний басейн попадав двома способами. По-перше, в мезопелагічному басейні відбувалася біогенна карбонатна седиментація вище рівня ГКК. По-друге, біогенні карбонати спочатку відкладалися на шельфі, а потім зносилися в підніжжя континентального схилу, тобто на другий рівень лавинної седиментації, разом з великою кількістю теригенного матеріалу. Коли темпи теригенної седиментації різко сповільнювалися у зв'язку з трансгресіями моря, утворювалися вапняковисті або мергелисті відклади.

Перспективи нафтогазоносності. В крейдяних флішових відкладах Передкарпатського прогину і Складчастих Карпат промислових покладів нафти і газу поки що не виявлено, проте вони залишаються перспективним об'єктом для їх пошуків. Особливо актуальною ця проблема є у зв'язку з вичерпанням запасів у верхніх шарах карпатського флішу і поширенням пошуково-розвідувальних робіт на глибокозалягаючі горизонти [6]. Чорні бітумінозні кременисто-глинисті відклади спаської і шипотської світ (баррем-альб) розглядаються як нафтогазоматеринські і потенційно нафтогазоносні товщі. Однією з найважливіших характерних ознак порід шипотської і спаської світ є підвищений вміст розсіяної ОР. Вміст $C_{орг}$ в нижньокрейдових бітумінозних аргілітах коливається від 0,44 до 10,17 %, в алевролітах – 0,13–2,35 %, пісковиках – 0,12–1,99 %. Потенційними колекторами вуглеводнів є пласти псамітових порід спаської світи, зокрема тершівські пісковики. Слід відзначити, що прояви нафтогазосності виявлені в спаських відкладах на території Польщі та в шарах Аудія, які на території Румунії є аналогом шипотської світи.

Перспективними для пошуків покладів вуглеводнів в Бориславсько-Покутській зоні Передкарпатського прогину і в північних скибах Скибової зони є також відклади стрийської світи верхньої крейди. Літологічні особливості цих осадових утворень, а саме присутність в їх складі потужних алеврито-піскуватих пластів, дозволяють прогнозувати поширення зон порід-колекторів.

Висновки. В крейдяному осадовому комплексі Українських Карпат сформувалися як товщі псамітолітів, які можуть бути резервуарами вуглеводнів, так і бітумінозні нафтоматеринські кременисто-глинисті відклади, що зумовило їх нафтогазоносність.

Потужні піскуваті товщі спаської, шипотської і стрийської світ є потенційними колекторами нафти і газу. Вони є відкладами гравітаційних потоків на другому рівні лавинної седиментації, в підніжжі континентального схилу північної континентальної окраїни океану Тетіс. Утворення бітумінозних нафтоматеринських кременисто-глинисті відкладів спаської і шипотської світ пов'язане зі сповільненням процесів теригенного осадонагромадження і фазою океанічних безкисневих подій ОАЕ-1 (баррем-альб).

Список використаних джерел:

1. Гнилко О., Гнилко С., Наварівська К. Стратиграфія та умови накопичення чорносланцевих товщ Українських Карпат. Палеонтологічний збірник. 2021. 53. 35–54. https://doi.org/10.30970/pal.53.03.

2. Гнилко С.Р., Гнилко О.М., Супрун І.С. та ін. Стратиграфія верхньокрейдових відкладів з океанічними червоноколірними верствами (CORBs), Українські Карпати. Геол. журн. 2023. № 3 (384). С. 79–107. https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2023.3.281067.

3. Колодій В.В., Бойко Г.Ю., Бойчевська Л.Е. та ін. Карпатська нафтогазоносна провінція. Львів–Київ: ТОВ "Український Видавничий центр", 2004. 390 с.

4. Крупський Ю.З., Куровець І.М., Сеньковський Ю.М. та ін. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України. Кн. 2. Західний нафтогазоносний регіон. Київ: Ніка-Центр, 2014. 400 с.

5. Попп І.Т. Окремі аспекти проблеми літогенезу нафтогазоносних відкладів крейдово-палеогенового флішового комплексу Передкарпатського прогину та Українських Карпат. Частина 1. Седиментогенез і постседиментаційні перетворення. Геологія і геохімія горючих копалин, 2005. № 3–4. С. 43–59.

6. Попп І.Т., Сеньковський Ю.М. Біогенні вуглецьвмісні силіцити баррем-альбу і олігоцену Українських Карпат – свідчення океанічних безкисневих подій. Частина 1. Петрографія і стадійні перетворення. Геологія і геохімія горючих копалин. 2003. № 3–4. С. 65–82.

7. Попп І., Мороз П., Шаповалов М. Літогеохімія чорних аргілітів фанерозою заходу України – нетрадиційних колекторів вуглеводнів. Геологія і геохімія горючих копалин. 2022. № 1–2 (187–188). С. 82–102. https://doi.org/10.15407/ggcm2022.01-02.082.

8. Сеньковський Ю.М., Колтун Ю.В., Григорчук К.Г. та ін. Безкисневі події океану Тетіс. Карпато-Чорноморський сегмент. Київ: Наук. думка, 2012. 183 с.

9. Сеньковський Ю.М., Григорчук К.Г., Колтун Ю.В. та ін. Літогенез осадових комплексів океану Тетіс. Карпато-Чорноморський сегмент. Київ: Наукова думка, 2018. 158 с.

10. Шлапінський В.Є., Гавришків Г.Я., Гаєвська Ю.П. Колектори нафти і газу в крейдово-палеоценових відкладах Скибового покриву Українських Карпат (північно-західна і центральна ділянки) та перспективи їх нафтогазоносності. Геол. журн. 2020. № 3 (372). С. 47—64. https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2020.3.207341.

11. Шлапінський В.Є., Лазарук Я.Г., Попп І.Т., Гавришків Г.Я. Літолого-стратиграфічні особливості нижньокрейдових відкладів Скибового і Дуклянсько-Чорногорського покривів Українських Карпат та перспективи їх нафтогазоносності. Геол. журнал. 2024. № 1 (386). С. 62–80. https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.283657.

12. Jenkyns H.C. Geochemistry of oceanic anoxic events, Geochem. Geophys. Geosyst. 2010. 11, Q03004. 30 p. https://doi.org/10.1029/2009GC002788.

13. Koltun Yu.V. Source rock potential of the black formation of the Ukrainian Carpathians. // Acta Geologica Hungarica, 1993, № 2 (36). P. 251–261.

14. Sachsenhofera R.F., Koltun Y.V. Black shales in Ukraine e A review. Marine and Petroleum Geology. 2012. 31, 1. P. 125–136. https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2011.08.016.

15. Shlanger S.O., Jenkyns H.C. Cretaceons oceanic anoxic events couses and conseguences. Geolofie en Mijnbow. 1976. V. 55. P. 179–184.

16. Wang C., Xiumian Hu, Huang Y. et. al. Cretaceous oceanic red beds as possible consequence of oceanic anoxic events. Sedimentary Geology. 2011. 235. P. 27–37. URL: http://www.mikrotax.org (Last accessed: 30.04.2023).

УДК 551.24

ДНІПРОВО-ДОНЕЦЬКА ЗАПАДИНА: ТЕКТОНІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ЇХНІЙ ЗВ'ЯЗОК З НАФТОГАЗОНОСНІСТЮ РЕГІОНУ

Баранник О.Р., *аспірант, barannyk.oleksii@gmail.com,*
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна

Дніпрово-Донецька западина (ДДЗ) є однією з ключових структур Східноєвропейської платформи та головним нафтогазоносним регіоном України. Вона сформувалася як пізньопалеозойський рифт, подальша еволюція якого включала кілька фаз інверсії та складкоутворення. Мета даної роботи — класифікація основних тектонічних порушень западини, визначення їхнього віку, глибини та причин формування. Проведено огляд літератури та інтерпретація даних сейсморозвідки і свердловин. Виділено рифтові нормальні розломи, ротаційні блоки та зони інверсійного складчастого деформування. Встановлено, що головні етапи активності припадають на пізній девон–ранній карбон (рифтоутворення) та пізній карбон–пермій (інверсійні процеси). Результати дослідження важливі для розуміння просторової локалізації пасток вуглеводнів і вдосконалення моделей геодинамічної еволюції регіону.

DNIEPER-DONETS BASIN: TECTONIC FEATURES AND THEIR RELATIONSHIP TO THE HYDROCARBON POTENTIAL OF THE REGION

Barannyk O., *PhD Student, barannyk.oleksii@gmail.com,*
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine

The Dnieper-Donets Basin (DDB) represents one of the fundamental tectonic elements of the East European Platform and the principal petroleum-bearing province of Ukraine. It originated as a Late Paleozoic rift, whose subsequent evolution encompassed several phases of tectonic inversion and fold belt development. The purpose of this study is to classify the principal tectonic deformations of the basin, to determine their age, depth of occurrence, and genetic mechanisms. The research is based on a critical review of previous literature combined with the interpretation of seismic profiles and well data. The analysis distinguishes several key structural features, including rift-related normal faults, rotational fault blocks, and inversion-related fold-and-thrust zones. It has been established that the primary stages of tectonic activity correspond to the Late Devonian–Early Carboniferous (rifting) and the Late Carboniferous–Permian (inversional processes). The results are essential for understanding the spatial distribution of hydrocarbon traps, improving geodynamic models of the basin's evolution, and assessing its strategic significance for the energy security of Ukraine.

Вступ. Дніпровсько-Донецька западина (ДДЗ) – це головна нафтогазоносна провінція України, що являє собою древній девонський авлакоген (внутрішньоплатформовий рифт), розсікаючий кристалічний фундамент Східноєвропейської платформи. Западина має характерну двоповерхову будову: в основі залягає глибокий (до 23 км) і вузький рифтовий комплекс (грабен), заповнений девонськими та нижньокарбоновими відкладами, який перекритий значно ширшим синеклізним комплексом осадових порід (верхній карбон – кайнозой). Ключовий етап формування структури – це пізньодевонський рифтогенез (380-360 млн років тому), спричинений розтягненням земної кори. Цей процес супроводжувався інтенсивним вулканізмом та утворенням системи глибинних розломів (скидів), що обмежили грабен.

Дослідження ДДЗ має тривалу історію, і значний внесок у розуміння її геології та тектоніки зробили багато вчених. Серед ключових постатей можна виділити:

А. Д. Архангельський: Вважається одним із першовідкривачів, який у 1932 році вперше виділив цю структуру як окрему геологічну одиницю.

В. Г. Бондарчук: Видатний український геолог, який зробив значний внесок у вивчення геологічної будови та тектоніки України, зокрема ДДЗ.

В. С. Попов, В. К. Гавриш: Проводили детальні дослідження стратиграфії та тектоніки западини, що дозволило уточнити її еволюцію та нафтогазоносність.

І. І. Чебаненко: Автор фундаментальних праць з розломної тектоніки України, в яких детально охарактеризовано систему розломів ДДЗ.

Також багато сучасних українських та закордонних вчених продовжують вивчення ДДЗ з використанням новітніх методів сейсморозвідки та комп'ютерного моделювання.

В їх роботах тектонічний каркас ДДЗ де описано, що переважно утворений:

Скидами: Нормальними розломами, що формують сходинчасту блокову структуру бортів та основи грабену.

Соляними куполами (діапірами): Численними структурами, утвореними пластичною девонською та пермською сіллю, що протикає та деформує товщу молодших порід.

Складками: Антиклінальними та синклінальними вигинами, часто асоційованими з розломами або соляною тектонікою, які є основними пастками для вуглеводнів.

Насувами: Порушеннями стискаючого типу, характерними для південно-східної частини.

Тектонічний розвиток западини є довготривалим та багатоетапним. Після активного девонського рифтингу відбувалося пост-рифтове прогинання, а в мезозої та кайнозої – періодична активізація древніх розломів та ріст соляних структур під впливом віддалених процесів альпійського горотворення.

Дніпровсько-Донецька западина є класичним прикладом авлакогену – глибокого лінійного грабену, що пронизує древній кристалічний фундамент платформи. Її будова є двоповерховою:

Нижній структурний поверх (рифтовий комплекс): Сформований у девонському періоді внаслідок розтягнення земної кори. Це глибокий (до 20-23 км) і відносно вузький (60-150 км) грабен, обмежений з обох боків крутими крайовими розломами. Він заповнений переважно девонськими та нижньокам'яновугільними відкладами, включаючи вулканогенні породи та потужні соленосні товщі. [1]

Верхній структурний поверх (синеклізний комплекс): Являє собою значно ширшу (до 250 км) западину, що перекриває рифтовий комплекс. Сформована внаслідок загального прогинання території після активної фази рифтогенезу. Цей поверх складений відкладами середнього карбону, пермі, мезозою та кайнозою. В табл. 1 наведена коротка характеристика тектонічних порушень.

Таблиця 1 Характеристика тектонічних порушень ДДЗ

Тип порушення	Опис	Глибина залягання	Вік утворення	Умови утворення
Скиди (Нормальні розломи)	Найпоширеніший тип. Утворюють сходинчасту структуру бортів грабену. По них відбувалося опускання центральних блоків.	Від поверхні до кристалічного фундаменту (понад 20 км). Крайові розломи є глибинними.	Девонський період (основна фаза). Багато з них були активними і в пізніші епохи.	Розтягнення земної кори (рифтогенез).
Соляні куполи (діапіри)	Грибоподібні та стовпчаті структури, утворені девонською та пермською сіллю, яка "протикає" молодші шари порід.	Від кількох сотень метрів до 10-12 км. Деякі виходять близько до поверхні.	Пермський період – Кайнозой. Активний ріст відбувався в мезозої.	Низька густина солі порівняно з породами, що її перекривають, та висока пластичність.
Складки (антикліналі, синкліналі)	Хвилеподібні вигини шарів гірських порід. Часто пов'язані з розломами або рухом солі.	Різноманітна, від приповерхневих до глибоких структур в осадовому чохлі.	Переважно Карбон-Перм, з подальшою активізацією в Мезозої та Кайнозої.	Горизонтальні стискаючі напруги, рух блоків фундаменту, соляна тектоніка.
Насуви та підкиди (Зворотні розломи)	Зустрічаються переважно в південно-східній частині (Донбас). Свідчать про стиснення.	Локалізовані в зонах стиснення.	Герцинська (кінець Палеозою) та Альпійська (Кайнозой) складчастість.	Компресійні (стискаючі) тектонічні рухи, пов'язані з колізією літосферних плит.
Зсуви	Розломи, вздовж яких блоки рухаються переважно горизонтально.	Різноманітна, часто пов'язані з іншими типами розломів.	Різні етапи тектонічної активності.	Зміна напрямку тектонічних напружень, нерівномірний рух блоків.

Тектоногенез Дніпровсько-Донецької западини

Тектоногенез Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) — це тривалий і багатостадійний процес, який перетворив стабільну ділянку древньої платформи на одну з найглибших і найскладніших осадових-рифтових структур у Європі. Історія її розвитку налічує понад 380 мільйонів років і поділяється на кілька принципово різних етапів.

1. Дорифтовий етап (До пізнього девону)

До початку формування западини ця територія була частиною стабільного, консолідованого кристалічного фундаменту Східноєвропейської платформи, складеного архейськими та протерозойськими породами (гранітами, гнейсами). Земна кора тут була відносно товстою (40-45 км) і холодною. Протягом раннього палеозою тут відбувалося накопичення невеликих за потужністю осадових чохлів у межах великих пологих прогинів, що свідчило про тектонічний спокій.

2. Етап рифтогенезу (Пізній девон, ~380–360 млн років тому)

Це ключовий, найбільш визначальний етап в історії ДДЗ, який власне і створив її фундамент.

Провідною гіпотезою є діяльність мантійного плюму — потужного потоку гарячої речовини з глибин мантії. Цей плюм підійшов до основи літосфери, розігрів її, викликав підняття (формування куполоподібного склепіння) і, як наслідок, — розтягнення та розтоншення земної кори. ДДЗ є центральною гілкою великої Прип'ятсько-Дніпровсько-Донецької рифтової системи, яка, ймовірно, була так званим "трипроменевим рифтом" (failed rift), з якого лише одна гілка (ДДЗ) отримала максимальний розвиток.[2]

Розтягнення та розтоншення кори: Літосфера розтягувалася в широтному напрямку. Товщина кори в осьовій зоні майбутнього рифту зменшилася з 40-45 км до 30-35 км.

Формування грабену: Внаслідок розтягнення кора не витримала напруги і розкололася вздовж системи глибинних розломів. Центральний блок почав інтенсивно опускатися, формуючи глибокий грабен. Опускання відбувалося по лістричних (вигнутих) нормальних розломах (скидах), що створило характерну сходинчасту будову бортів западини. Сумарна амплітуда опускання фундаменту сягнула 5-12 км, а в окремих блоках — до 20 км.

Інтенсивний вулканізм: Розколи в корі відкрили шлях для підйому магми. Цей етап характеризувався потужним лужним та сублужним базальтовим вулканізмом. Потужність вулканогенних товщ у центрі грабену сягає 2-3 км. Це свідчить про високу температуру та тектонічну активність.

Швидке накопичення осадів: Паралельно з опусканням грабен швидко заповнювався продуктами руйнування його піднятих бортів (гравієм, пісками), а також морськими відкладами під час трансгресій. В умовах сухого клімату в ізольованих лагунах накопичувалися потужні соленосні товщі (девонська сіль), які відіграли колосальну роль у подальшому формуванні структури.

На кінець цього етапу сформувався глибокий, вузький та гарячий риф, заповнений вулканогенно-осадовими породами.

3. Пострифтовий (синеклізний) етап (Карбон – Перм – рання Юра)

Після припинення активного розтягнення тектонічний режим кардинально змінився.

Мантійний плюм охолонув, і розігріта, розтоншена літосфера почала повільно опускатися під власною вагою та вагою накопичених осадів. Цей процес називається термічним просіданням (субсиденцією). [3]

Формування широкої западини (синеклізи): На відміну від вузького рифтового грабену, просідання охопило значно ширшу територію. В результаті над рифтом сформувалася велика чашоподібна западина, в якій накопичилася величезна (до 10-15 км) товща осадових порід.

Накопичення вугілля та солі: У кам'яновугільному періоді (карбоні) тут були сприятливі умови (вологий клімат, мілководні моря, дельти річок) для накопичення органічної речовини, що згодом перетворилася на кам'яне вугілля (Донецький басейн). У

пермському періоді клімат знову став посушливим, що призвело до утворення нових потужних соленосних товщ (наприклад, слов'янська та бахмутська світи).

Початок соляної тектоніки (галокінезу): Девонська та пермська солі, маючи меншу густину та високу пластичність порівняно з породами, що їх перекривали, почали рухатися вгору. Вони протикали осадовий чохол, формуючи соляні куполи (діапіри) та штоки. Цей процес був надзвичайно активним у мезозої і значною мірою визначив сучасну складну будову ДДЗ, створивши безліч пасток для нафти і газу.

4. Етап тектонічної інверсії та активізації (Кінець палеозою – Кайнозой)

Хоча ДДЗ є структурою розтягнення, вона періодично зазнавала впливу зовнішніх процесів стиснення, пов'язаних з глобальними епохами горотворення (орогенезу). [4]

Герцинська (варисційська) складчастість (кінець карбону – перм): Далеко на півдні та заході викликала поля напружень, які досягли Східноєвропейської платформи. Це призвело до інверсії південно-східної частини ДДЗ. Тобто, територія, що до цього інтенсивно прогиналася, почала підніматися і стискатися. Так сформувалася Донецька складчаста споруда (Донбас) з її характерними складками та розломами стиснення (насувами).

5. Альпійська складчастість (палеоген-неоген)

Формування гірських систем Альп, Карпат та Кавказу знову викликало стискаючі напруги. Це призвело до:

1.Реактивації древніх девонських розломів;

2.Посилення росту соляних куполів;

3.Формування нових, більш пологих складок в осадовому чохлі;

4.Загального незначного підняття окремих блоків.

Ця складна історія і зумовила виняткове багатство регіону на корисні копалини: нафту і газ у пастках різного типу, кам'яне вугілля, кам'яну сіль та інші мінеральні ресурси.

Позитивні аспекти тектонічних порушень

Тектонічні процеси є головним архітектором, який створює сприятливі умови для накопичення вуглеводнів. Без них формування родовищ у ДДЗ було б неможливим.

1. Створення пасток для вуглеводнів: Тектонічні порушення створюють основні типи пасток у ДДЗ:

Антиклінальні пастки: Процеси стиснення або рухи блоків фундаменту зминають шари осадових порід у складки. У вигнутих догори частинах складок (антикліналях) накопичуються нафта і газ як найлегші флюїди. Це найпоширеніший та найпродуктивніший тип пасток у ДДЗ.

Розломні (диз'юнктивні) пастки: Розломи, переміщуючи блоки гірських порід, можуть притулити проникний шар-колектор до непроникної породи (глини, солі). Цей непроникний екран блокує подальший рух вуглеводнів, формуючи пастку.

Пастки, пов'язані з соляними куполами: Рух солі (галокінез) створює цілий комплекс пасток:

Надкупольні: В шарах, що вигнуті над вершиною соляного штоку.

Приштокові (екрановані): Коли шари-колектори примикають безпосередньо до непроникного тіла соляного купола.

Підкозирькові: В унікальних структурах під нависаючими краями соляного діапіру.

2. Формування шляхів міграції вуглеводнів:

Розломи та зони тектонічної тріщинуватості слугують вертикальними "магістралями". По них нафта і газ, що утворилися в глибоко занурених материнських породах (на глибинах 5-10 км і більше), можуть швидко мігрувати у вищезаляючі шари-колектори, де сприятливіші умови для їхнього накопичення.

3. Покращення якості порід-колекторів:

Тектонічні напруги створюють у щільних, масивних породах (вапняках, доломітах, щільних пісковиках) системи тріщин. Це різко збільшує їхню проникність та ємність,

перетворюючи посередній колектор на високопродуктивний тріщинний або порово-тріщинний резервуар.

Негативні аспекти тектонічних порушень

Ті ж самі процеси, що створюють родовища, можуть їх і руйнувати або значно ускладнювати їх розробку.

1. Руйнування існуючих покладів:

Порушення герметичності пастки: Якщо розлом утворюється після того, як поклад уже сформувався, він може прорізати непроникну покришку. Це призводить до розгерметизації пастки і витоку вуглеводнів. Нафта і газ можуть мігрувати на поверхню, розсіюватися в інших шарах або деградувати.

Ерозійне зрізання: Інтенсивні тектонічні підняття (особливо в зоні Донбасу) можуть вивести раніше сформовані родовища на денну поверхню, де вони повністю руйнуються процесами ерозії та вивітрювання.

2. Ускладнення геологічної будови та розвідки:

Висока складність інтерпретації сейсмічних даних: У зонах інтенсивної дислокації (великої кількості розломів та складок) сейсмічні зображення стають "зашумленими" і складними для розшифровки. Це підвищує ризик буріння "сухої" свердловини через неправильне картування пастки.

Непередбачуваність поширення колекторів: Розломи можуть різко обривати продуктивні пласти, роблячи їхні межі важко прогнозованими.

3. Ускладнення процесу розробки та видобутку:

Посічення покладу: Розломи часто розбивають єдиний великий поклад на низку дрібних, гідродинамічно ізольованих блоків. Це означає, що свердловина, пробурена в один блок, не зможе дренувати запаси із сусіднього. Для розробки такого родовища потрібно бурити значно більше свердловин, що різко збільшує капітальні витрати.

Ризики при бурінні: Проходження свердловиною зон активних розломів може викликати серйозні технічні ускладнення, такі як втрата циркуляції бурового розчину, обвали стінок свердловини та інші аварійні ситуації.

Висновки. Дніпровсько-Донецька западина є унікальною внутрішньоплатформовою структурою, що відображає складну та багатостадійну геодинамічну історію розвитку Східноєвропейської платформи. Її формування розпочалося в пізньому девоні внаслідок мантійного плюму та рифтогенезу, які призвели до значного розтягнення кори, утворення грабену та інтенсивного вулканізму.[2] Надалі структура зазнала пострифтового прогинання, яке забезпечило накопичення потужних осадових товщ, зокрема вугленосних і соленосних формацій. В мезозої та кайнозої відбувалася реактивація древніх розломів і посилення соляної тектоніки, що сприяло формуванню складних пасток для вуглеводнів.

Сучасний тектонічний каркас ДДЗ включає поєднання різнотипних порушень: глибинних нормальних розломів, соляних діапірів, складчастих структур і насувів, які відображають як рифтову, так і інверсійну історію розвитку. Позитивним наслідком цих процесів є створення умов для генерації, міграції та акумуляції вуглеводнів. Завдяки цьому ДДЗ стала провідною нафтогазоносною провінцією України, що має стратегічне значення для енергетичної безпеки держави.

Разом з тим, тектонічна складність захоронених структур створює і низку проблем: ускладнену інтерпретацію геофізичних даних, підвищені геологічні ризики при бурінні та нерівномірність поширення продуктивних пластів. Це вимагає комплексного підходу до вивчення регіону, застосування сучасних методів сейсморозвідки, геодинамічного моделювання та інтеграції геологічних і геофізичних даних.

Таким чином, Дніпровсько-Донецька западина є класичним прикладом авлакогену, де взаємодія рифтогенезу, соляної тектоніки та інверсійних процесів визначила як геологічну будову регіону, так і його унікальний ресурсний потенціал. Її подальше детальне дослідження має важливе значення не лише для наукового розуміння тектоніки

платформних рифтових систем, але й для практичного забезпечення паливно-енергетичних потреб України.

Список використаних джерел:

1. Круглов С.С., Глушко В.В. (1986). Геологія і нафтогазоносність України. Київ: Наукова думка.

2. Паталаха Є.І. (2006). Український щит як архітектурна споруда неогею. Геологічний журнал, 1, 7–12.

3. Гавриш В.К. (1989). Тектоніка і нафтогазоносність Дніпровсько-Донецької западини. Київ: Наукова думка.

4. Чебаненко І.І. (1977). Розломна тектоніка України. Київ: Наукова думка.

УДК 550.8, 553.9

ЗАСТОСУВАННЯ В УКРАЇНІ НОВОЇ ПАРАДИГМИ КАРТУВАННЯ КОМЕРЦІЙНИХ ПОКЛАДІВ ВУГЛЕВОДНІВ ДОВІЛЬНОЇ МОРФОЛОГІЇ, ПОХОДЖЕННЯ ТА ГЛИБИНИ ДЛЯ ДОРОЗВІДКИ ВІДОМИХ ТА ВІДКИТТЯ НОВИХ НАФТОВИХ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧИТЬ ДО 2032 РОКУ ПОДВОЄННЯ ВИДОБУТКУ ГАЗУ

Петровський О.П., *д. фіз.-мат. н., професор, bipeks@gmail.com;*
Петровська Т.О., *к. фіз.-мат. н., Tetyana.Fedchenko@gmail.com;*
Штурмак І.Т., *iruna.shturmak@gmail.com,*
ДЕПРОІЛ, Івано-Франківськ, Україна

Забезпечення подвоєння видобутку вуглеводнів до 2032 року є найбільш актуальною на сьогодні задачею яка стоїть перед державними і приватними нафтогазовидобувними компаніями України. Нажаль концентрація геологорозвідувальних робіт та пошуково буріння в межах та довкола вже давно відкритих родовищ зумовлює порівняно невеликі початкові дебіти свердловин та прирости запасів вуглеводнів на свердловину приблизно 1 млрд метрів кубічних газу або 1 млн тон нафти та конденсату. Це, а також брак результативних геологорозвідувальних робіт в межах нових площ призводить до недостатнього заміщення видобутих запасів газу та нафти. Існуюча ситуація зумовлена, перш за все, високими ризиками пошукового буріння як в межах старих так і особливо нових площ, де за світовими та вітчизняними даними успішність не перевищує 30%. Для швидкого та економічного подвоєння до 2032 року видобутку газу пропонується перехід до безпосереднього картування до глибини 6000 м комерційних покладів вуглеводнів не структурного типу в межах відомих та нових нафтових систем, в тому числі які знаходяться в розробці, а глибше 6000 метрів в межах покладів всіх типів але приурочених до нових ще не відомих глибинних нафтових систем. Враховуючи значний комерційний ризик глибокого буріння пропонується застосувати нову парадигму картування комерційних покладів вуглеводнів завдяки включенню до комплексу 2D та 3D з сейсмічних досліджень даних високоточної 3D гравірозвідки з їх наступною сумісною інверсією та безпосереднім картуванням ділянок геологічного розрізу які із ймовірністю не менше 86% відповідають всім умовам концепції нафтової системи та оконтурюють комерційні поклади вуглеводнів.

APPLICATION OF THE NEW PARADIGM TO COMMERCIAL HYDROCARBON POOLS OF DIFFERENT MORPHOLOGY, GENESIS, AND DEPTH MAPPING FOR EXPLORATION OF NEW HYDROCARBON FIELDS WILL ENSURE DOUBLING OF OIL AND GAS PRODUCTION IN UKRAINE BY 2032

Petrovskyy O., *Dr. Sci.(Phys.-Math.), professor, bipeks@gmail.com;*
Petrovska T., *Cand. Sci. (Phys.-Math.), Tetyana.Fedchenko@gmail.com;*
Schturmak I., *iruna.shturmak@gmail.com,*
DEPROIL, Ivano-Frankivsk, Ukraine

Doubling hydrocarbon production by 2032 is currently the most critical task for private and state oil and gas companies in Ukraine. Unfortunately, the focus on geological exploration and drilling around established, well-known fields leads to low initial production rates for new wells. As a result, the increase in hydrocarbon reserves per newly drilled exploration well is limited to about 1 billion cubic meters of gas or 1 million tons of oil and condensate. The lack of promising results from geological exploration in new prospective areas contributes to insufficient replacement of extracted gas and oil reserves. This is primarily due to the high risk associated with exploration drilling in both old and especially new areas, where global data indicate that the commercial success rate is below 30%. To effectively and economically double gas production by 2032, a shift towards directly mapping commercial hydrocarbon pools is necessary. This process should focus on non-structural commercial hydrocarbon deposits within known and newly identified oil systems up to a depth of 6,000 meters, including those under development, as well as deeper commercial pools associated with new and currently unknown deep oil systems. Considering the significant commercial risks involved in deep drilling, it is recommended to adopt a new approach for preparing new wells. This involves utilizing high-precision 3D gravity exploration data in conjunction with traditional 2D and 3D seismic surveys. By applying joint inversion to these data, we can directly map areas in the geological section that meet the criteria of the oil system concept with at least an 86% probability, thereby identifying potential commercial hydrocarbon deposits for commercially successful exploratory deep drilling.

Забезпечення населення та промисловості України вуглеводневими ресурсами було завжди важливим, а в умовах війни сало нагальною проблемою. На всіх політичних рівнях

та у державних та приватних видобувних компаніях декларується одна мета – якнайшвидше подвоєння видобутку вуглеводнів (рис. 1). Нажаль, реальність відрізняється від декларацій.

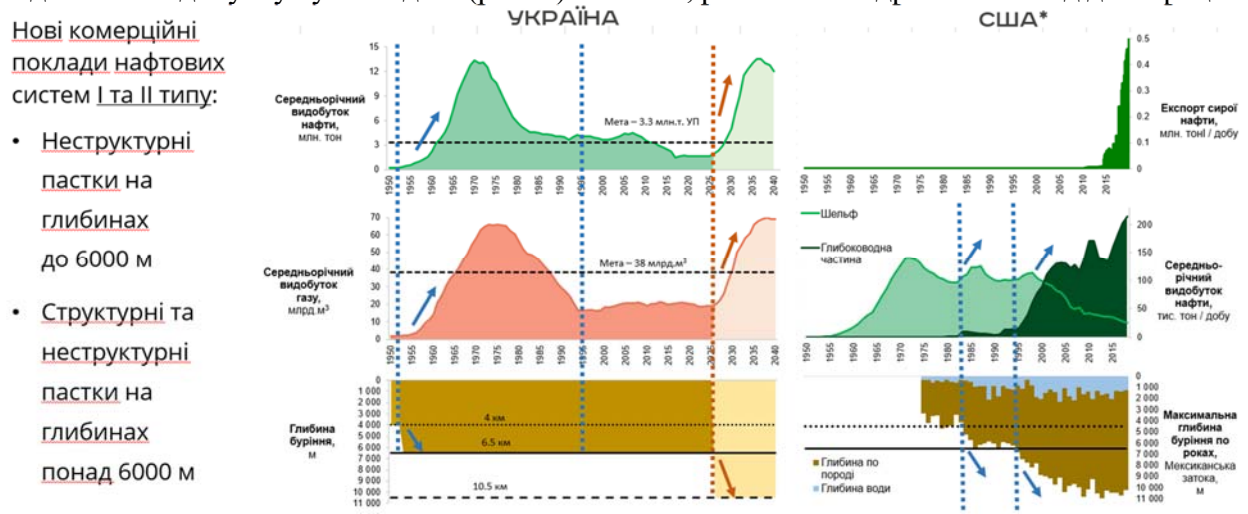


Рис. 1. Стратегія подвоєння видобутку вуглеводнів в Україні по аналогії із багатократним збільшення видобутку на шельфі і глибокій воді Американської затоки в період 1995 по теперішній час

Хоча у 2024 році АТ «Укргазвидобування» та ВАТ «Укрнафта» збільшили видобуток на 4,6% та 6,6%, це було забезпечено суттєвим збільшенням об'ємів експлуатаційного буріння, а не відкриттям нових невеликих родовищ із запасами більше 5 або 10 млрд м^3 газу. В той же час вони забезпечили заміщення видобутих запасів всього на 53% та 60%. Виникає законне питання: чому при значних витратах на геологорозвідувальні роботи компаніям не вдається суттєво наростити запаси і видобуток? Цьому є пояснення: пошуки нових покладів і родовищ проводяться в межах давно відкритих нафтових систем [1], які знаходяться на останній «Залишковій» стадії освоєння їх запасів [2] (рис. 2А). При цьому вони містять лише 10% залишкових запасів, а буріння в межах вказаних нафтових систем характеризується середнім приростом на одну пошукову свердловину в 1 млрд м^3 газу повністю відповідає Українським і світовим реаліям.

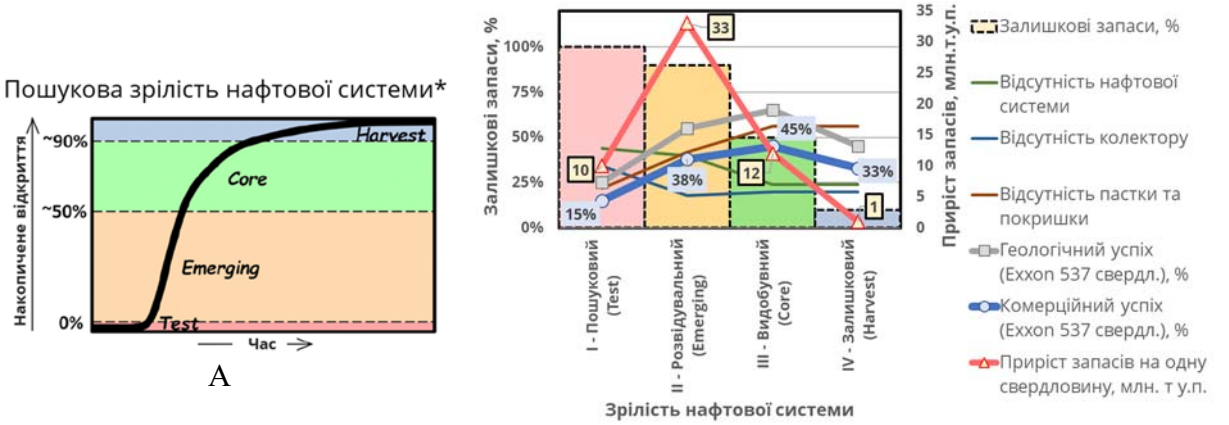
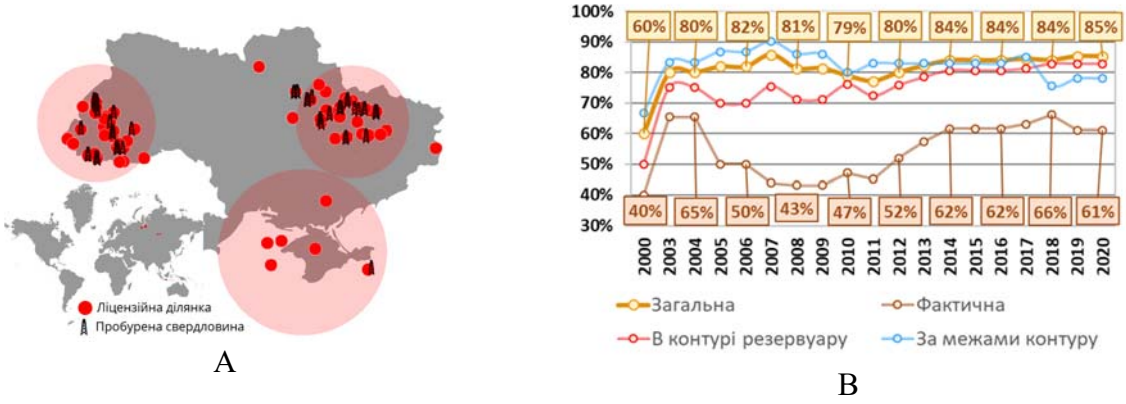


Рис. 2. Видобувна зрілість нафтової системи – А, комерційний успіх пошукового буріння, основні ризики сухого буріння та середній приріст запасів на одну пошукову свердловину за результатами буріння 543 пошукових свердловин компанією Exxon Mobile – В

Для подвоєння до 2032 року видобутку необхідно перейти до пошуків та розробки нафтових систем, які знаходяться на «Пошуковому» та «Розвідувальному» етапах із середнім приростом запасів на свердловину 10-33 млрд м^3 газу (рис. 2В). Це нафтові системи пов'язані із неструктурними об'єктами до глибини 6000 м, та структурними і

неструктурними об’єктами глибше 6000 м. При пошуках нових нафтових систем суттєве значення має комерційний успіх глибокого буріння. Так за даними професора Рудольфа [2] для нафтових систем першого типу цей показник не перевищує 15%, а для другого типу 38% при використанні діючої пошукової парадигми – картування структурних пасток із застосуванням сейсморозвідки 3D та всіх відомих методів прямого прогнозування нафтогазоносності. Враховуючи непропорційне збільшення вартості буріння на глибоких до 6000 м свердловин 85% ризику приводить до значних фінансових втрат компаній, затягування часу та відсутності економічної доцільності реалізації нових проєктів глибокого пошукового буріння.

Для зменшення ризиків, скорочення витрат та термінів відкриття нових нафтових систем першого і другого типу пропонується проводити перейти до безпосереднього картування «комерційних покладів вуглеводнів» за допомогою 3D високоточних гравіметричних вимірювань разом із 2D та 3D сейсмічними дослідженнями та їх наступним використанням для побудови геологічно-змістовної 3D моделі густини породи в результаті розв’язку спільної оберненої задачі комплексної інтерпретації гравірозвіметричних, свердловинних, сейсмічних, петрофізних та промислових даних. [3, 4]. На сьогоднішній день дана технологія успішно застосована для картування зон регіональної концентрації комерційно вуглеводнево насичених порід в межах 21 регіонального проєкту (на загальній площі 628 тис. км^2) та 68 детальних пошуково-розвідувальних проєктів картування комерційниих покладів довільного походження, морфології та глибини (на площі 72.4 тис. км^2). Починаючи із 2010 року двадцять чотири із зазначений детальних проєктів супроводжувались проведенням високоточних гравіметричних а з 2011 і магнітометричних спостережень із застосуванням сучасних цифрових гравіметрів Scintrex-CG5 (Канада) та магнітометрів GEOMETRICS G-859SX Mining Mag та G-856AX Memory-Mag (США) (рисунок 3А).



А В

Рис. 3. Положення ділянок пошуково-розвідувальних робіт та пробурених свердловин – А та комерційний успіх картування покладів вуглеводнів за результатами буріння та випробування в межах та ризику пробурити суху свердловину за межами закартованих покладів – В

Ефективність виконаних досліджень, а також достовірність створених геологічно-змістовних 3D моделей густини та петрофізичних параметрів комерційних покладів: - пористості, насичення, щільності запасів та початкових дебітів була перевірена результатами буріння 84 нових свердловин, пробурених після закінчення проєктів. Дані 176 випробувань проведених в цих свердловинах показали, що ймовірність комерційного успіху буріння в межах закартованих покладів становить не менше 86% (рисунок 3) (за межами – 36%), ймовірність отримання припливу внаслідок випробування із конкретного покладу – 73% (за межами – 16%), успішність передбачення дебіту складає 90% та можливість отримати додатковий прибуток на кожну пробурену свердловину не менше 48% (рис. 4).



Рис. 4. Комерційний успіх застосування нової парадигми для пошукового буріння буріння пошуково-експлуатаційних свердловин – А та збільшення прибутку на 48% на кожну пробурену свердловину завдяки застосуванню нової парадигми картування комерційних покладів уз комерційним успіхом 86% – В

За результатами проведення пошуково-розвідувальних робіт та глибокого буріння Україна має до 32 мільйонів тон умовного палива (рис. 5), які стануть серйозною основою для реалізації стратегії подвоєння видобутку до 2032 року та наступного експорту вуглеводнів в найближчі країни Європи.

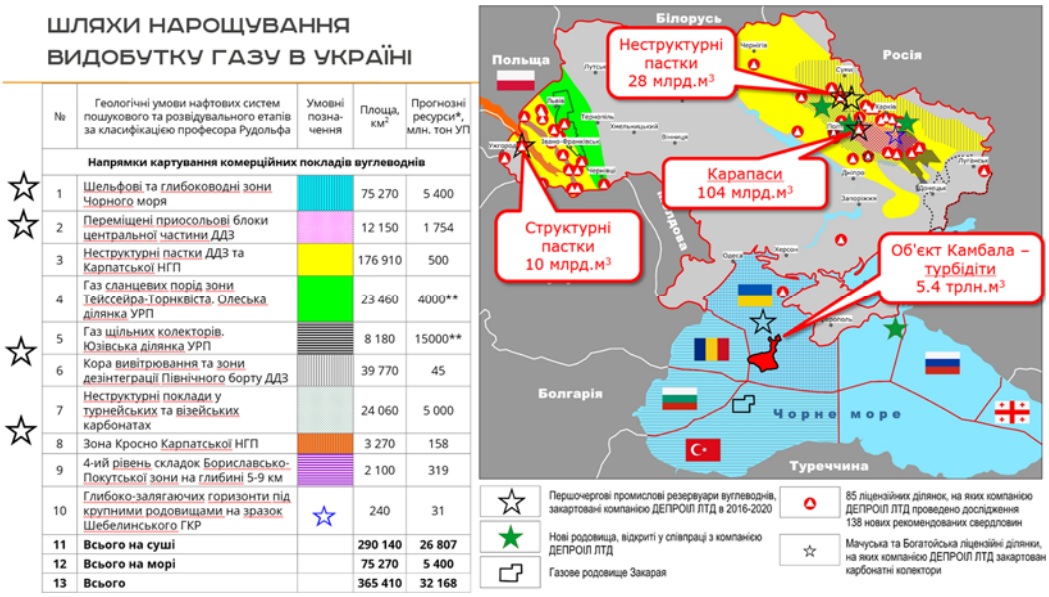


Рис. 5. Основні напрямки пошуково-розвідувальних робіт для подвоєння в Україні до 2032 року видобутку вуглеводнів

Список використаних джерел:

1. B.P. Tissot, D.H. Welte Petroleum Formation and Occurrence: A New Approach to Oil and Gas Exploration Hardcover – January 1, New York, 1978.

2. Kurt W Rudolph // Benchmarking Exploration Predictions and Performance Using 20+ Years of Drilling Results: One Company's Experience. January 2016 AAPG Bulletin IN PRESS(02), https://doi.org/10.1306/06281616060

3. Петровський А.П. Кобрунов А.И. Итерационная схена решения обратной задачи гравиметрии // Докл. АН УССР 1990, Сер. Б, № 2. – С.13-16.

4. Петровський О.П., Кобрунов О.І., Ганженко Н.С., Суятінов В.М. Автоматизована система кількісної комплексної інтерпретації геофізичних даних GCIS як основа технології інтегральної інтерпретації комплексу геолого–геофізичної інформації для пошуків нафти і газу. Геоінформатика. 2003, № 2. с. 25-34.

УДК 553.98.04(477)

СТАН РЕСУРСНОЇ БАЗИ ГЛИБОКОЗАЛЯГАЮЧИХ ГОРИЗОНТІВ ГЛИНСЬКО-СОЛОХІВСЬКОГО НГР

***Непеляк С.А**., аспірант, sergii.nepeliak@gmail.com,*
***Михайлів І.Р.,** к. геол. наук, доцент, iryna.mykhailiv@nung.edu.ua,*
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

У статті проаналізовано стан ресурсної бази глибокозалягаючих горизонтів Глинсько-Солохівського нафтогазоносного району (НГР) Дніпровсько-Донецької западини, з акцентом на візейські, турнейські та девонські відклади. На основі даних Державного балансу корисних копалин України станом на 01.01.2021 р. загальні запаси природного газу становлять (224 254 млн м³), нафти (49 150 тис. т) та газового конденсату (52 910 тис. т), з яких балансових 57,59%, 19,98% та 24,16% відповідно. Основна частина балансових запасів зосереджена у верхньовізейських відкладах (C_1v_2), тоді як нижньовізейсько-турнейські та девонські горизонти мають менший, проте перспективний потенціал. Аналіз розподілу за глибинами показав, що запаси газу та газового конденсату переважають на глибинах понад 4 км, тоді як нафта локалізована переважно у межах 3–4 км. Глинсько-Солохівський НГР займає друге місце за початковими запасами у Східному регіоні, але є лідером за нерозвіданими ресурсами. Перспективи нарощування запасів пов'язані з дорозвідкою глибоких горизонтів, що потребує використання вдосконалених технологій та значних інвестицій. Результати роботи підкреслюють пріоритетність району для нарощення вуглеводневого потенціалу України.

RESOURCE BASE EVALUATION OF DEEP-SEATED HORIZONS IN THE HLYNSK-SOLOKHA PETROLEUM DISTRICT

***Nepeliak S.,** postgraduate, sergii.nepeliak@gmail.com,*
***Mykhailiv I.,** Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., iryna.mykhailiv@nung.edu.ua,*
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine

This study evaluates the resource base of deep-seated horizons within the Hlynsk-Solokha petroleum district of the Dnieper-Donets Basin, with particular emphasis on the Visean, Tournaisian, and Devonian deposits. Using the official data of the State Balance of Mineral Resources of Ukraine as of January 1, 2021, the reserves of natural gas (224.3 billion m³), crude oil (49.2 million t), and gas condensate (52.9 million t) were systematized, of which balance (recoverable) reserves constitute 57.6%, 20.0%, and 24.2%, respectively. The analysis demonstrates that the majority of proven reserves are concentrated in the Upper Visean (C_1v_2) interval, while the Lower Visean–Tournaisian and Devonian complexes represent a smaller, though geologically significant, reserve potential. Depth-based assessment indicates that gas and condensate accumulations dominate at depths exceeding 4 km, whereas oil is predominantly confined to the 3–4 km interval. Within the Eastern petroleum region, the Hlynsk-Solokha district ranks second in terms of initial hydrocarbon reserves but occupies the leading position in unexplored resources. The findings emphasize that further reserve growth is linked to the appraisal of deep horizons, which will require the deployment of advanced geophysical methods, deep drilling technologies, and substantial investment. Overall, the district is identified as a strategic target for expanding Ukraine's hydrocarbon potential and ensuring long-term energy security.

Вступ. В умовах поступового виснаження традиційних покладів нафти і газу в Україні, які детально досліджені та залягають на відносно невеликих глибинах в Україні, нарощення ресурсної бази в результаті пошуків і розвідки покладів на великих глибинах, враховуючи розвиток технічних можливостей та обладнання, стає все більш пріоритетним напрямом подальших геологорозвідувальних робіт.

Глинсько-Солохівський нафтогазоносний район є одним з основних і найбільших за об'ємом ресурсної бази та потенціалом освоєння покладів на великих глибинах в межах Дніпровсько-Донецької западини [8].

Нафтогазоносність Дніпровсько-Донецької западини пов'язана з широким стратиграфічним діапазоном від юрських відкладів до архейсько-протерозойських комплексів. Основні промислові поклади вуглеводнів зосереджені у карбонатних і теригенних відкладах. Поклади вуглеводнів приурочені як до структурних, так і до неструктурних пасток. Колекторами на глибинах понад 4-5 км виступають поліфаціальні піщані породи та карбонатні відклади [4].

Мета досліджень. Проаналізувати та узагальнити дані запасів газу, нафти та газового конденсату візейських, турнейських та девонських відкладів Глинсько-Солохівського

нафтогазоносного району Дніпровсько-Донецької западини, враховуючи їх розподіл за глибинами та категоріями запасів.

Актуальність. Глинсько-Солохівський НГР є одним з найбільших за об'ємом запасів та ресурсів в межах Східного нафтогазоносного регіону. Враховуючи обмежений об'єм інформації, що висвітлюється в наукових джерелах, наведені дані можуть бути корисними в подальших дослідженнях перспектив нафтогазоносності району.

Методика досліджень. З метою оцінки стану ресурсної бази Глинсько-Солохівського нафтогазоносного району було використано фондові та статистичні матеріали Державної служби геології та надр України. Також, за основу взяті щорічні підсумкові звіти про стан геологорозвідувальних робіт на нафту і газ. Основним джерелом даних є офіційні звіти Державного балансу корисних копалин України станом на 01.01.2021 р. [3].

Основні критерії, за якими виконувався аналіз:

- стратиграфічна приналежність покладів (візейські, турнейські та девонські відклади);
- глибини залягання покладів (в роботі основний фокус зосереджений на глибокозалягаючих візейських, турнейських та девонських горизонтах)
- категорії запасів відповідно до класифікації [7].

У процесі кількісного аналізу було здійснено узагальнення запасів природного газу, нафти та газового конденсату з урахуванням їхнього розподілу за глибинами та стратиграфічними комплексами. Отримані результати структуровано у вигляді таблиць, діаграм і гістограм.

Основна частина. Глинсько-Солохівський НГР знаходиться в центральній частині приосьової зони Дніпровсько-Донецької западини. У межах Глинсько-Солохівського нафтогазоносного регіону виділяють 30 газоконденсатних, 23 нафтогазоконденсатних, 2 нафтогазових, 5 нафтових родовищ.

Глинсько-Солохівський НГР у складі Східного нафтогазоносного регіону України займає значну частину по об'єму запасів природного газу, нафти, газового конденсату. Серед нафтогазоносних районів регіону за величиною початкових сумарних ресурсів Глинсько-Солохівський НГР займає другу позицію, поступаючись тільки Машівсько-Шебелинському НГР. Але за нерозвіданою частиною ресурсів Глинсько-Солохівський НГР посідає перше місце [1].

Загальні запаси, станом на 01.01.2021 р. по верхньовізейському, нижньовізейсько-турнейському та девонському комплексах відкладів Глинсько-Солохівського нафтогазоносного району становлять 224 254 млн м^3 газу, 49 150 тис. т нафти та 52 910 тис. т газового конденсату. Балансові запаси становлять 129 057 млн м^3 газу (57,59% від загальних запасів), 9821 тис. т нафти (19,98% від загальних) та 12 785 тис. т газового конденсату (24,16% від загальних) (табл. 1).

Найбільшу частку балансових запасів (коди класів 111, 122, 122) демонструють верхньовізейські відклади (C_1v_2), де зосереджено 96 616 млн м³ газу (43,08 % від загальних запасів газу Глинсько-Солохівського НГР), 9 728 тис. т нафти (19,79 %) та 11 135 тис. т конденсату (21,04 %). Нижньовізейсько-турнейський комплекс (C_1v_1-t) також має значний внесок, з 31 717 млн м³ газу (14,14 % від загальних запасів газу Глинсько-Солохівського НГР), 93 тис. т нафти (0,001 %) та 1 643 тис. т конденсату (3,1 %). Девонські відклади (D_3fm) мають найменшу частину з 724 млн. м³ газу (0,32 % від загальних запасів газу Глинсько-Солохівського НГР), відсутністю балансових запасів нафти та лише 7 тис. т конденсату (0,01 %) (рис. 1).

Загальні запаси категорії C_2, що включають умовно-балансові (код класу 211), позабалансові (221, 222) та запаси з невизначеним промисловим значенням (331, 332) станом на 01.01.2021 р. по верхньовізейському, нижньовізейсько-турнейському та девонському комплексах відкладів Глинсько-Солохівського нафтогазоносного району становлять 95 197 млн. м^3 газу (42,45% від загальних запасів), 39 329 тис. т нафти (80,01% від загальних) та 40 125 тис. т газового конденсату (75,84 % від загальних).

Таблиця 1. Структура запасів вуглеводневої сировини візейських, турнейських та девонських відкладів Глинсько-Солохівського НГР

Глинсько-Солохівський НГР	Горизонт	загальні (C_1+C_2)	C_1 (111+121+122)	балансові			умовно балансові	позабалансові		з невизначеним промисловим значенням	
				достовірні	вірогідні						
				код класу							
				111	121	122	211	221	222	331	332
Газ природний, млн м^3	C_1v_2	173201	96616	50294	787	45535		19246	16739		40600
	C_1v_1	15488	8165	5692	328	2145		817	566		5940
	C_1t	33371	23552	21392	180	1980		4725	757		4337
	D_3fm	2194	724	16	639	69		296	4		1170
Всього:		**224254**	129057	77394	1934	49729		25084	18066		52047
Нафта, тис. т	C_1v_2	46383	9728	3091	39	6598		13073	20885		2697
	C_1v_1	2719	93	4	0	89		284	676		1666
	C_1t	0	0	0	0	0		0	0		0
	D_3fm	48	0	0	0	0		0	0		48
Всього:		**49150**	9821	3095	39	6687		13357	21561		4411
Газовий конденсат, тис. т	C_1v_2	46383	11135	7644	39	3452		22526	4128		8594
	C_1v_1	2132	473	144	2	327		242	465		952
	C_1t	4383	1170	1137	0	33		2957	24		232
	D_3fm	12	7	1	0	6		3	2		0
Всього:		**52910**	12785	8926	41	3818		25728	4619		9778

Так, станом на 01.01.2021 р. балансові (видобувні) запаси газу Глинсько-Солохівського нафтогазоносного регіону (коди класів 111+121+122) становлять 96 616 млн м^3 в межах горизонту C_1v_2, 31 717 млн м^3 в межах горизонту C_1v_1-t, 724 млн м^3 в межах горизонту D, що становить відповідно 71,92 % від видобувних запасів горизонту C_1v_2, 70,06 % від видобувних запасів горизонту C_1v_1 та 4,98 % від видобувних запасів горизонту D всього Східного нафтогазоносного регіону (табл. 2).

Балансові (видобувні) запаси нафти Глинсько-Солохівського нафтогазоносного регіону (коли класів 111+121+122) становлять 9 728 тис. т в межах горизонту C_1v_2, 93 тис. т в межах горизонту C_1v_1-t, що становить відповідно 35,64 % від видобувних запасів горизонту C_1v_2, 7,42 % від видобувних запасів горизонту C_1v_1-t всього Східного нафтогазоносного регіону.

Таблиця 2. Розподіл балансових запасів нафти, газу та газового конденсату візейських, турнейських та девонських відкладів (коди класів 111+121+122) станом на 01.01.2021 р. в Глинсько-Солохівському НГР по глибинах і стратиграфічних комплексах

Корисні копалини	Всього	по глибинах						
		до 3 км	3-4 км	4-5 км	більше 5 км	C_1v_2	C_1v_1-t	D
Газ ГСНГР	129057	391	26011	57454	45201	96616	31717	724
% від Східного регіону	23,5	0,22	13,64	52,42	62,05	71,92	70,06	4,98
Нафта ГСНГР	9821	125	8958	729	9	9728	93	0
% від Східного регіону	22,63	1,04	37,34	10,5	1,91	35,64	7,42	0
Газовий конденсат ГСНГР	12785	44	5140	4799	2802	11135	1643	7
% від Східного регіону	45,22	1,53	41,38	53,2	70,97	79,16	60,56	0,87

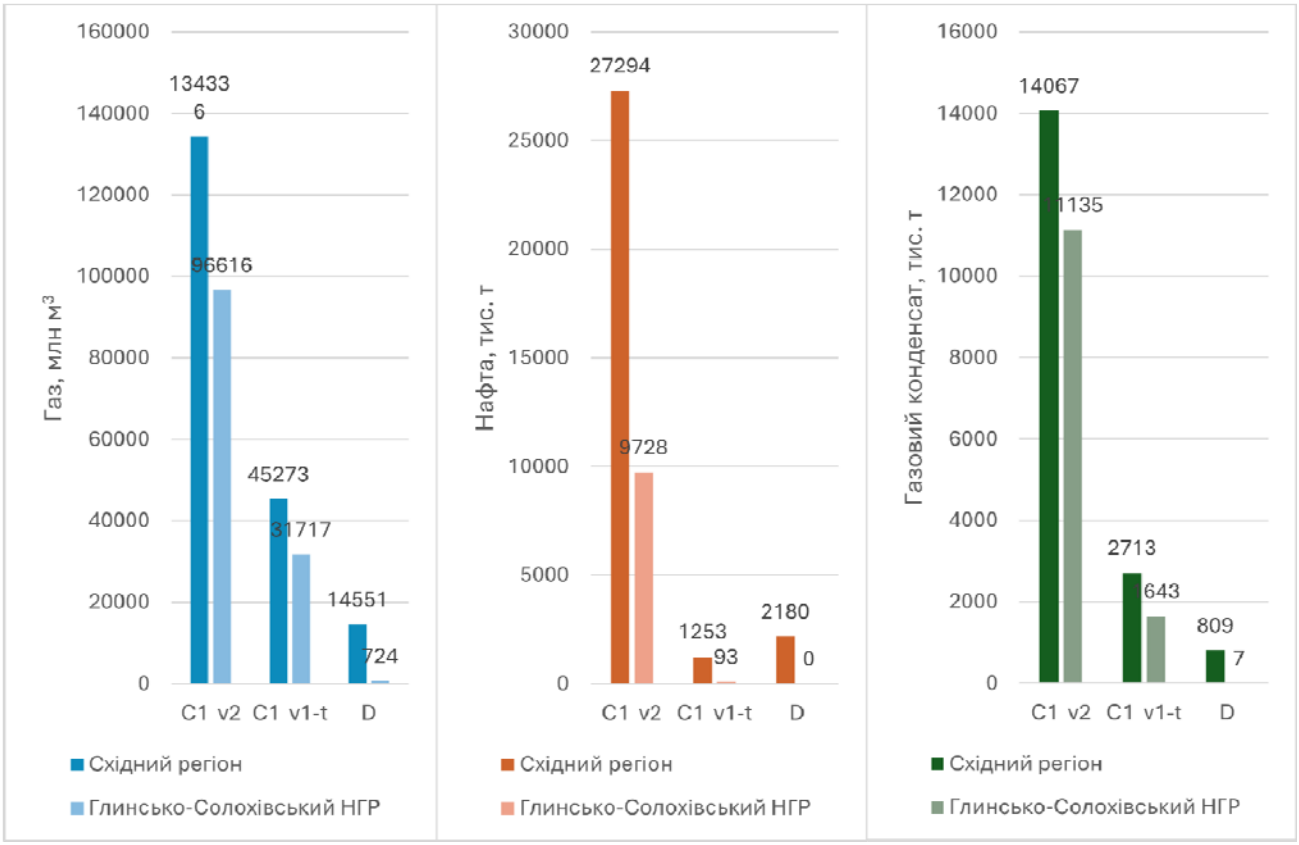


Рис. 1. Діаграми розподілу балансових запасів вуглеводнів родовищ Глинсько-Солохівського НГР за складом вуглеводневої сировини за горизонтами, в порівнянні з балансовими запасами Східного регіону

Балансові (видобувні) запаси газового конденсату Глинсько-Солохівського нафтогазоносного регіону (коли класів 111+121+122) становлять 11 135 тис. т в межах горизонту C_1v_2, 1643 тис. т в межах горизонту C_1v_1-t, 7 тис. т в межах горизонту D, що становить відповідно 79,16% від видобувних запасів горизонту C_1v_2, 60,56% від видобувних запасів горизонту C_1v_1 та 0,87% від видобувних запасів горизонту D всього Східного нафтогазоносного регіону.

Аналізуючи дані ресурсної бази верхньовізейських, нижньовізейсько-турнейських та девонських відкладів слід зауважити, що розподіл запасів у межах Глинсько-Солохівського нафтогазоносного району має чітку залежність від глибини залягання.

Найменша частка запасів газу в межах даних горизонтів припадає на глибини до 3 км (0,22 % від запасів газу району). В інтервалі 3-4 км зосереджено близько 26 011 млн. м³ (13,64 %), тоді як найбільший обсяг видобувних запасів сконцентровано у глибшій зоні 4-5 км – 57 454 млн. м³ (52,42 %). Значною є також частка запасів на глибинах понад 5 км – 45 201 млн м³ (62,05 % від запасів цього інтервалу по всьому Східному регіону). Це свідчить про високу перспективність освоєння надглибоких структур (рис. 2).

Основна частина запасів нафти верхньовізейських, нижньовізейсько-турнейських та девонських відкладів припадає на глибини 3-4 км – 8 958 тис. т (37,34 %). Наступним за значенням є інтервал 4-5 км, де зосереджено 729 тис. т (10,5 %). На глибинах понад 5 км обліковано лише 9 тис. т (1,91 % від запасів цього інтервалу по регіону), що закономірно можна пов'язати з виходом за межі «нафтового вікна», а на глибинах до 3 км – лише 125 тис. т (1,04 %). Отже, нафтова складова району локалізована переважно на глибинах 3-4 км.

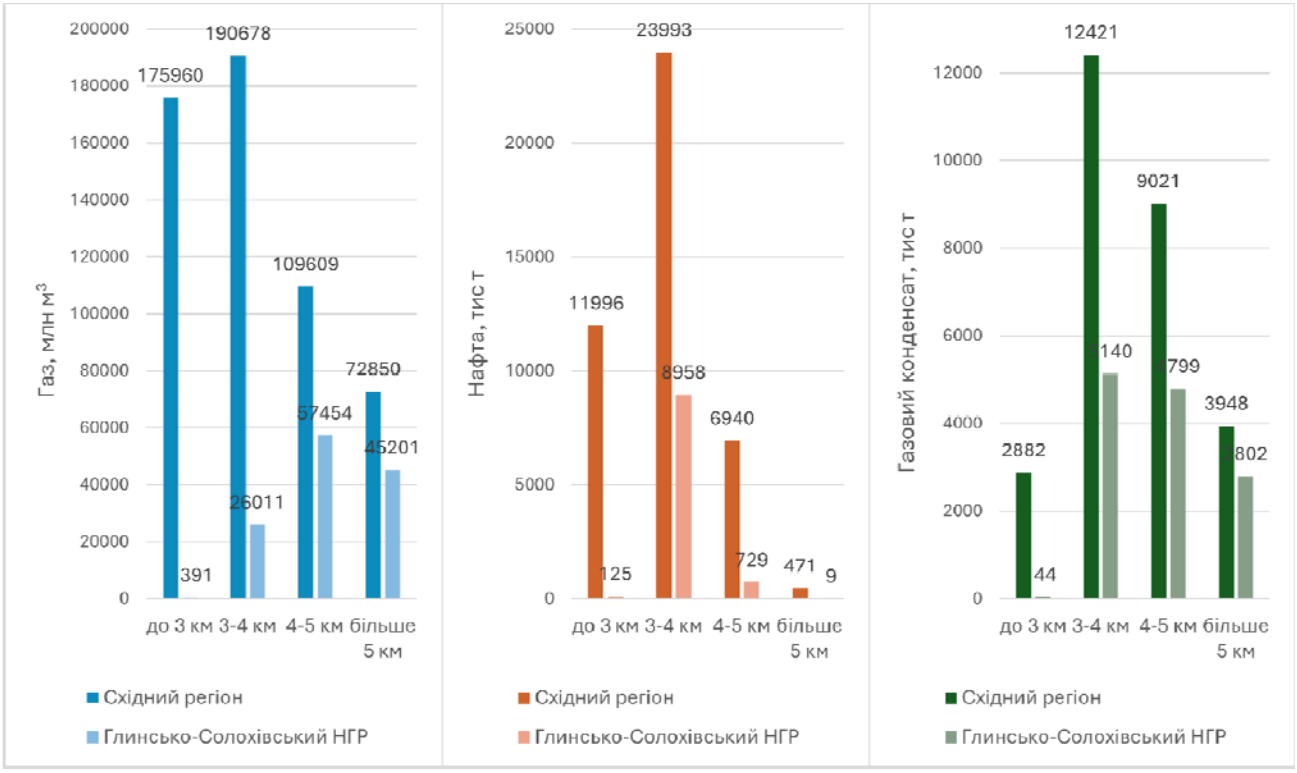


Рис. 2. Діаграми розподілу балансових запасів вуглеводнів родовищ Глинсько-Солохівського НГР за складом вуглеводневої сировини за глибинами, в порівнянні з балансовими запасами Східного регіону

Розподіл газового конденсату більш рівномірний, проте переважають інтервали 3-4 км та 4-5 км, де зосереджено 5 140 тис. т (41,38 %) та 4 799 тис т (53,2 %) відповідно. На глибинах понад 5 км обліковано 2 802 тис. т (70,97 % від запасів цього інтервалу по Східному регіону), що дає підстави припускати про значний потенціал глибокозалягаючих газоконденсатних покладів.

З огляду на результати аналізу, розподіл запасів по глибинах демонструє чітку тенденцію до концентрації газу та газового конденсату у глибоких інтервалах (понад 4 км), тоді як запаси нафти зосереджені переважно на глибинах 3-4 км. Це дає можливість визначити пріоритетні напрями подальших пошуків і розвідки покладів у межах Глинсько-Солохівського НГР.

Слід зазначити, що вибірка даних по балансових запасах Глинсько-Солохівського НГР не включає дані горизонтів мезозойсько-серпухівських відкладів, оскільки в даній роботі розглядається верхньовізейський, нижньовізейсько-турнейський та девонський комплекси. Варто відмітити те, що при порівнянні запасів, на глибинах до 3 км та 3-4 км запаси нижньовізейських та турнейських відкладів, які потрапляють у вікно цих глибин, співставляються з даними запасів, які можуть включати дані Mz – C_1t Східного регіону.

Висновки. Виконаний аналіз стану ресурсної бази глибокозалягаючих горизонтів Глинсько-Солохівського нафтогазоносного району (НГР) Дніпровсько-Донецької западини дав можливість узагальнити дані щодо запасів природного газу, нафти та газового конденсату у візейських, турнейських та девонських відкладах станом на 01.01.2021 р. Загальні запаси верхньовізейського, нижньовізейсько-турнейського та девонського комплексів становлять 224 254 млн м³ газу, 49 150 тис. т нафти та 52 910 тис. т газового конденсату, з яких балансові запаси складають 57,59 % (129 057 млн м³), 19,98 % (9 821 тис. т) та 24,16 % (12 785 тис. т) відповідно.

Основна доля балансових запасів зосереджується у верхньовізейських відкладах (C_1v_2), які обліковують 96 616 млн м³ газу (43,08 % від загальних запасів газу району), 9 728 тис. т нафти (19,79%) та 11 135 тис. т конденсату (21,04 %). Частка нижньовізейсько-турнейського комплексу (C_1v_1-t) є меншою – 31 717 млн м³ газу (14,14 %), 93 тис. т нафти (0,001%) та 1 643 тис. т

конденсату (3,1 %), тоді як девонські відклади (D_3fm) складають найменшу частину – 724 млн м³ газу (0,32 %) та 7 тис. т конденсату (0,01%), без балансових запасів нафти. Значна частина запасів (42,45% газу, 80,01% нафти, 75,84% конденсату) належить до категорії C_2, що вказує на недостатню розвіданість глибоких горизонтів і потенціал для подальших досліджень.

Аналіз розподілу запасів за глибинами показав, що основна частка газу та конденсату зосереджена на глибинах 4-5 км (52,42% газу) та понад 5 км (62,05% газу від запасів цього інтервалу по Східному регіону), тоді як нафта переважно локалізована на глибинах 3-4 км (37,34%). Це підтверджує високу перспективність глибокозалягаючих структур для газу та конденсату, а також необхідність зосередження зусиль на розвідці нафтових покладів у середніх глибинних інтервалах.

Глинсько-Солохівський НГР займає другу позицію серед нафтогазоносних районів Східного регіону за початковими сумарними запасами, поступаючись лише Машівсько-Шебелинському НГР, але є лідером за обсягом нерозвіданих ресурсів. Перспективи нарощування ресурсів слід пов'язувати з дорозвідкою глибокозалягаючих горизонтів, які, попри низьку частку балансових запасів, мають потенціал, підтверджений результатами в межах Дніпровсько-Донецької западини.

Список використаних джерел:

1. Харченко М.В., Попова Т.Л., Пономаренко Л.С. Пріоритетні напрями освоєння ресурсів вуглеводнів Глинсько-Солохівського нафтогазоносного району Дніпровсько-Донецької западини // Нафтогазова галузь України – 2013. - № 3. – стор. 6-9.

2. Вакарчук С.Г., Довжок Т.Є., Філюшкін К.К., Кабишев Ю.Б., Гладун В.В., Максимчук П.Я., Харченко М.В., Башкіров Г.Л., Вертюх А.М., Данишурка Н.А., Кичка О.А., Холодних А.Б. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України. Книга VI. Перспективи освоєння ресурсів газу ущільнених порід у Східному нафтогазоносному регіоні України: Монографія.– К.: ТОВ «ВТС ПРИНТ», 2014. – 208 с.

3. Щорічник "Підсумки геологорозвідувальних робіт на нафту та газ в Україні". – Київ: Державна служба геології та надр України, Державне науково-виробниче підприємство "Державний інформаційний геологічний фонд України", 2021. – 124 с.

4. Рудько, Г. І., Соболь, В. В. (2020). Перспективи нафтогазоносності України на великих глибинах для нарощування вуглеводневого потенціалу України. Мінеральні ресурси України, (2), 36-42.

5. Лукін О. Ю. Вуглеводневий потенціал надр України//Геол. журн. – 2008. – № 1. – С. 7–24.

6. Гладун В.В. Перспективи нафтогазоносності Дніпровсько-Донецької газонафтоносної області. //Доповіді національної академії наук України, 2011, №8, с. 91-96.

7. Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до геолого-економічного вивчення ресурсів перспективних ділянок та запасів родовищ нафти і газу. Наказ Державної Комісії України по запасах корисних копалин від 10.07.1998 р. №46.

8. Попова Т. Л. Оцінка ресурсного потенціалу турнейсько-нижньовізейського продуктивного комплексу Східного нафтогазоносного регіону та перспективи його подальшого нарощування. //V Міжнародний геологічний форум «Актуальні проблеми та перспективи розвитку геології: наука й виробництво» (ГЕОФОРУМ-2018). Матеріали форуму. стор. 267-269.

УДК 622.276.66

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВІДБОРУ СВЕРДЛОВИН-КАНДИДАТІВ ПІД ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРИВ ПЛАСТА

Михайлишин Б.І., *аспірант, mykhailyshynbohdan@gmail.com;*
Купер І.М., *доцент, ivankuper@ukr.net;*
Івано-Франківський Національний Технічний Університет Нафти і Газу, Івано-Франківськ, Україна

Окреслено основні критерії для підбору свердловин-кандидатів під гідророзрив пласта (ГРП). Запропонований підхід поєднує геолого-технічні та економічні параметри, що дозволяє мінімізувати ризики невдалих операцій та підвищити ефективність газовилучення. Основними критеріями визначено базовий дебіт свердловини, проникність (≥0,1 мД для традиційних колекторів), скін(≥0) газоводяний фактор (≤500 см³/м³), пластовий тиск (≥30 % від гідростатичного), ефективна товщина пласта (hef ≥3м), літологія (пісковики, алевроліти, карбонати), глибина залягання (>700 м) та відстань до водонасичених горизонтів (>30 м). Економічна доцільність операції оцінюється на основі прогнозу дебітів та розрахунку показників NPV, IRR і строку окупності. Застосування у практиці сприяє зростанню ефективності вибраних об'єктів під ГРП, зменшенню ризику передчасного обводнення та раціональному використанню залишкових запасів.

METHODOLOGICAL APPROACHES TO SELECTING CANDIDATE WELLS FOR HYDRAULIC FRACTURING

Mykhailyshyn B., *postgraduate student, mykhailyshynbohdan@gmail.com;*
Kuper I., *associate professor, ivankuper@ukr.net;*
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine

The main criteria for selecting candidate wells for hydraulic fracturing (HF) are outlined. The proposed approach combines geological, technical, and economic parameters, which makes it possible to minimize the risks of unsuccessful operations and enhance gas recovery efficiency. The key criteria include the initial gas flow rate of the well, permeability (≥0.1 mD for conventional reservoirs), skin((≥0), water–gas ratio (≤500 cm³/m³), reservoir pressure (≥30% of hydrostatic), effective reservoir thickness (hef ≥3 m), lithology (sandstones, siltstones, carbonates), reservoir depth (>700 m), and distance to water-saturated horizons (>30 m). The economic feasibility of HF operations is assessed based on production forecasts and the calculation of NPV, IRR, and payback period. Practical application of the methodology contributes to increasing the efficiency of selected HF targets, reducing the risk of premature water breakthrough, and ensuring the rational use of remaining reserves.

Вибір свердловин для проведення гідророзриву пласта (ГРП) є ключовим етапом, що визначає як технологічну ефективність, так і економічну доцільність операції. Неправильний відбір об'єктів часто призводить до низького приросту продуктивності або передчасного обводнення свердловини. Тому до уваги береться комплекс геолого-технічних та економічних критеріїв, що у поєднанні дозволяють сформувати інтегровану систему прийняття рішень.[1]

Одним із перших параметрів виступає базовий дебіт свердловини, який необхідно ретельно дослідити перед проведенням гідророзриву пласта. Для цього застосовується аналіз динаміки видобутку та обов'язкове проведення тесту на відновлення тиску (Pressure Build-Up test), що дозволяє визначити пластовий тиск, коефіцієнт проникності, скін-ефект та ефективну товщину колектора. Побудова кривої відновлення тиску дає можливість оцінити реальні фільтраційні характеристики пласта та діагностувати наявність пошкодження привибійної зони. Отримані дані є основою для вибору оптимального дизайну ГРП, оскільки вони визначають необхідний тиск закачування, тип робочої рідини, концентрацію пропанту та очікувану ефективність операції. [2]

Не менш важливим є показник проникності колектора. Для традиційних пластів встановлено мінімальний поріг у 0,1 мД, що відділяє продуктивні колектори від щільних, де природний приплив газу практично відсутній. Що стосується скін-фактору для проведення гідророзриву пласта оптимальними вважаються свердловини з помірним або високим позитивним скін-фактором, зазвичай s > +0. У таких випадках очікується найбільший приріст дебіту після усунення забруднень привибійної зони шляхом створення провідної тріщини. Якщо ж значення S близьке до нуля або навіть негативне, то проведення ГРП може виявитися малоефективним, оскільки додаткового опору немає, а

стимуляція не принесе суттєвого приросту.

Критично важливим для відбору є газоводяний фактор (WGR). Значення ≤500 см³/м³ свідчить про прийнятний рівень водонасиченості в продукції та мінімізує ризик прориву води після ГРП. Перевищення цього показника зазвичай сигналізує про близькість до водоносних горизонтів чи про наявність перехідних зон, де операція може спровокувати передчасне обводнення. Додатково оцінюється відстань до водонасичених пластів. Вертикальна відстань понад 30 м вважається безпечною для уникнення прориву води, тоді як латеральна близькість до ВНК чи перехідних зон створює додаткові ризики. Цей параметр є ключовим для забезпечення довготривалої стабільності продуктивності після ГРП.

Окреме значення має пластовий тиск, який повинен становити не менше 30 % від гідростатичного. Низькі значення тиску вказують на виснаженість покладу, що призводить до довготривалого освоєння та ризику вторинної кальматації пласта продуктами осаду. До обов'язкових параметрів також належить ефективна товщина пласта (Net pay). Мінімальне значення 3 м визначене як поріг, нижче якого ефект від ГРП в більшості випадків стає недостатнім для окупності інвестицій.

Важливим геологічним показником є літологія колектора. Найбільш сприятливими для проведення ГРП вважаються пісковики, алевроліти та карбонати з матричною пористістю, які забезпечують передбачувану геомеханічну поведінку. Натомість глинисті прошарки ускладнюють розкриття пласта та знижують ефективність фіксації пропанту. Необхідним параметром виступає і глибина залягання. При відносно невеликих глибинах (близько 700 м і менше) вертикальні та горизонтальні напруження є низькими, а контраст між ними часто недостатній для чіткої орієнтації тріщини. У таких умовах через слабко консолідовану літологію тріщина може мати розгалужений характер, прориватися у вищечи нижчележачі пласти та погано утримувати пропант. [3]

Не менш важливим є розташування свердловини кандидатів відносно інших. Відстань до сусідніх виробничих чи нагнітальних свердловин визначає ймовірність міжсвердловинних інтерференцій. Достатня ізоляція гарантує рівномірне дренування запасів і мінімізує ризик негативного впливу на продуктивність суміжних об'єктів під час експлуатації після ГРП. Після вибору свердловин-кандидатів проводиться розрахунок економічної доцільності проведення операції. Розрахунок показників NPV, IRR та строку окупності дозволяє оцінити ефективність інвестицій і виключити неприбуткові об'єкти.

Таким чином, запропонована методика відбору базується на інтеграції геолого-технічних і економічних критеріїв. Дослідження базового дебіту у поєднанні з інтерпретацією кривої відновлення тиску забезпечує обґрунтованість прийняття інженерних рішень щодо доцільності та параметрів проведення гідророзриву. Її застосування дозволяє мінімізувати ризики неуспішних операцій, підвищити ефективність інвестицій і забезпечити стабільний приріст продуктивності у традиційних та щільних газових колекторах.

Список використаних джерел:

1. Kuper, I., Mykhailyshyn, B., Lartseva, I. (2025). Identification of hydraulic fracturing impact factors on the skin effect in the near-wellbore zone of the reservoir. Technology Audit and Production Reserves, 4 (1 (84)), 00–00. https://doi.org/10.15587/2706-5448.2025.333613

2. Kuper, I., & Mykhailyshyn, B. (2025). Research on the operation of a device for influencing the bottomhole zone of wells in depleted fields. Prospecting and Development of Oil and Gas Fields, 25(1), 39-49. https://doi.org/10.63341/pdogf/1.2025.39

3. Дідок, С. Б., & О. М. Давиденко. "Підбор робочих параметрів під час проведення гідравлічного розриву пласта." (2023). Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «МОЛОДЬ: НАУКА ТА ІННОВАЦІЇ», 22-24 листопада 2023 р

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ У ЗВ'ЯЗКУ З РОЗРОБКОЮ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН



УДК 622.271:622.35:556.3:504

АТРИБУТИВНИЙ ЧИННИК ТРАНСФОРМАЦІЙНОЇ ЗМІНИ ГІДРОГЕОЛОГІЧНОГО РЕЖИМУ РОЗРОБКИ НОВОУКРАЇНСЬКОГО РОДОВИЩА ГРАНІТІВ

***Улицький О.А.*[1]**, *д. геол. н., професор, olegulytsky@gmail.com,*
***Бойко К.Є.*[1]**, *к. геол. н., boyko_ekateruna@ukr.net,*
***Касьяненко Д.Л.*[2]**, *аспірант, law@kasyanenko.com.ua,*
1 – ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ, Україна,
2 – ДНУ «Інститут екологічного відновлення та розвитку України», м. Київ, Україна

Окреслено трансформаційні зміни гідрогеологічного режиму, пов'язаного з розробкою родовища гранітів. Визначено причинний фактор перебудови екологічного стану території, прилеглої до кар'єру впродовж тривалого часу. За умов відпрацювання запасів корисної копалини основний приплив води буде приходити з боку області живлення /струмок Безіменний - контур постійного напору/ а також з боку вододілу, що загалом визначає круговий контур живлення. Враховуючи геометричні параметри кар'єру, які існуватимуть наприкінці терміну видобування, а також фільтраційні параметри водовміщуючих порід, на основі існуючої концептуальної моделі геофільтрації (стабілізований порушений режим фільтрації) виконане прогнозне гідрогеологічне моделювання (програмний комплекс GMS – Groundwater modelling system) та побудована прогнозна карта гідроізогіпс, які будуть характеризувати потік підземних вод на момент повної розробки родовища до глибини +23,0 м. Поширення дренуючого впливу кар'єру відповідно до існуючої схеми розробки сягатиме ізолінії напорів підземних вод 130 м. Водний баланс розраховано для водозбірного суббасейну, зовнішньою межею якого є східний та західний вододіл частини течії річок Плетений та Чорний Ташлик, а також прилеглих балок. Межі водозбірної площі розраховані із залученням інструментів для виділення річкової мережі та виділення річкових басейнів різних порядків у застосунку QGIS, на основі цифрової моделі рельєфу (QGIS SRTM, 0.5ARC). Площа водозбірного басейну, побудованого для визначення меж впливу кар'єру на ресурси підземних і поверхневих вод, становить 35 км^2 і представлена на рис 4. За результатами картографічного заміру радіус впливу складатиме 340 м. Отримана в результаті величина водоприпливу у кар'єр складає 2213 м^3/добу.

ATTRIBUTIVE FACTOR OF THE TRANSFORMATIONAL CHANGE OF THE HYDROGEOLOGICAL REGIME OF THE DEVELOPMENT OF THE NOVOUKRAYNSKY GRANITE DEPOSIT

***Ulytsky O.*[1]**, *Dr. Sci. (Geol), Prof., olegulytsky@gmail.com,*
***Boyko K.*[1]**, *Cand. Sci. (Geol.), boyko_ekateruna@ukr.net,*
***Kasyanenko D.*[2]**, *Postgraduate Student, law@kasyanenko.com.ua,*
1 – State Institution "Institute of Environmental Geochemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine,
2 – State National University "Institute of Ecological Restoration and Development of Ukraine", Kyiv, Ukraine

The transformational changes in the hydrogeological regime associated with the development of the granite deposit are outlined. The causal factor of the restructuring of the ecological state in the territory adjacent to the quarry over a long period of time is determined. Under the conditions of the development of mineral reserves, the main inflow of water will come from the supply area /Bezimenny stream - a constant head contour/ as well as from the watershed which generally determines the circular supply contour. Taking into account the geometric parameters of the quarry that will exist at the end of the mining period, as well as the filtration parameters of water-bearing rocks, based on the existing conceptual model of geofiltration (stabilized transient filtration regime), predictive hydrogeological modeling (GMS - Groundwater modelling system software) was performed and a predictive hydro isos map was constructed, which will characterize the groundwater flow at the time of full development of the deposit to a depth of +23.0 m. The spread of the draining impact of the quarry in accordance with the existing development scheme will reach the groundwater pressure contour of 130 m. The water balance was calculated for the catchment sub-basin, the outer boundary of which is the eastern and western watershed of part of the course of the Pleteny and Chorny Tashlyk rivers, as well as the adjacent beams. The boundaries of the catchment area were calculated using tools for highlighting the river network and highlighting river basins of different orders in the QGIS application, based on a digital terrain model (QGIS SRTM, 0.5ARC). The area of the catchment area, built to determine the boundaries of the quarry's impact on groundwater and surface water resources, is 35 km2 and is presented in Fig. 4. According to the results of the cartographic measurement, the radius of influence will be 340 m. The resulting value of the water inflow into the quarry is 2213 m^3/day.

Мета досліджень. Оцінка впливу на довкілля в умовах відновлення господарської діяльності ТОВ «НОВО-УКРАЇНСЬКИЙ КАР'ЄР» з видобутку гранітів шляхом визначення кількісних та якісних показників змін: підземних та поверхневих вод навколо прилеглої території, побудова фактичних картограм.

Методи: польові дослідження з проведенням маршрутного обстеження об'єкту, опис геоморфологічних та гідрогеологічних умов ділянки робіт, відбір проб води, лабораторні роботи і сучасні інструментальні вимірювання із застосуванням ГІС-технологій.

Об'єкт дослідження – процеси, що обґрунтовують та визначають ступінь впливу видобувної діяльності при розробці кар'єру на прилеглу територію та елементи довкілля.

Вступ. Вплив розробки Новоукраїнського родовища гранітів на довкілля розпочався з моменту здачі його в експлуатацію – у 1953 році та проявився у порушенні природного ландшафту, змінах режиму поверхневих та підземних вод, виведенні з господарського використання земель, тощо [1]. Інтенсивність та характер впливу значною мірою обумовлений способом розробки Новоукраїнського родовища гранітів, якісним складом корисної копалини, технологією ведення добувної діяльності. Все це, з введенням в дію Закону України «Про оцінку впливу на довкілля», вимагає вивчення екологічного стану для оцінки наслідків гірничих робіт, обґрунтування доцільності освоєння родовища, створення найбільш оптимального в екологічному відношенню гірничого виробництва, визначення необхідних природоохоронних заходів.

Виклад основного матеріалу. Досліджувана територія розташована у межах Гідрогеологічної області Українського щита де виділяються дві структурні поверхні. Нижній сформований архейсько-протерозойськими магматичними і метаморфічними породами, верхній - мезокайнозойськими осадовими відкладами. Водозбагаченість залежить від рівня тріщинуватості, потужності зони тріщинуватості, умов живлення, дебіти свердловин змінюються від 0,9 до 864-1209,6 $м^3$/добу. Водопровідність коливається у значних межах: фонові значення складають 1-10 $м^2$/добу, змінюючись від перших $м^2$/добу до 500 $м^2$/добу. Високі значення показників водопровідності пов'язані із зонами тектонічних розломів, долинами річок, балками, де вони зазвичай складають 50-100 $м^2$/добу. Формуванню поверхневих та підземних вод регіону сприяє комплекс абіотичних та біогенних чинників: морфологія рельєфу, кліматичні умови, особливості літологічного складу водовмісних порід, зони активного водообміну, в межах яких наявна зміна потужності водотривких порід не тільки за простяганням, а й у розрізі, що формують підвищений поверхневий та підземний стік, зумовлюючи інтенсивний водообмін в зоні дренуючого впливу місцевої гідромережі, яка тяжіє до неотектонічних зон.

Оцінка змін гідрогеологічних параметрів в результаті можливого впливу обсягів та масштабів розробки кар'єру відбувалась на основі розробленої концептуальної гідрогеологічної моделі, яка враховує як природні особливості досліджуваної території, так і технологічні параметри впливу на середовище. Концептуальна гідрогеологічна модель відображає особливості формування водного балансу водозбірної площі, враховуючи гідрогеологічну будову території (обводненність гірничих виробок), кліматичні особливості та гідрографічну мережу, і є основою верифікації чисельного гідрогеологічного моделювання [2].

Характеристика обводненості гірничих виробок кар'єру

Рівень обводнення гірничих виробок кар'єру обумовили такі загальні фактори: наявність поверхневих водотоків та водойм на прилеглій до кар'єру території, особливості геоморфологічних та фізико-географічних умов, тектоніка ділянки родовища, що експлуатується (кар'єр), фільтраційні та інженерно-геологічні особливості. За підсумками огляду геологічних матеріалів встановлено, що в межах Новоукраїнського родовища гранітів існує єдиний водоносний горизонт. Він включає тріщинувату зону кристалічних порід докембрію і продуктів їх вивітрювання. Водовмісні породи представлені в основному гранітами біотитовими від дрібнозернистих до крупнозернистих [3]. Колектором підземних

вод служить найбільш вивітрена та тріщинувата зона кристалічних порід, яка на ліцензованій ділянці зафіксована до глибини 75,0-100 м від поверхні [1].

Розрахунок водоприпливу за методом водного балансу

Водний баланс розраховано для водозбірного суббасейну, зовнішньою межею якого є східний та західний вододіл частини течії річок Плетений та Чорний Ташлик, а також прилеглих балок. В орографічному відношенні ділянка № 1 Новоукраїнського родовища гранітів розташована на лівому схилі долини р. Плетений Ташлик. Таким чином, водний баланс розраховано для водозбірного суббасейну другого порядку, зовнішньою межею якого є вододіл. Межі водозбірної площі розраховані із залученням інструментів для виділення річкової мережі та виділення річкових басейнів різних порядків у застосунку QGIS, на основі цифрової моделі рельєфу (QGIS SRTM, 0.5ARC).

Площа водозбірного басейну, побудованого для визначення меж впливу кар'єру на ресурси підземних і поверхневих вод, становить 35 км^2 і представлена на рис 1.

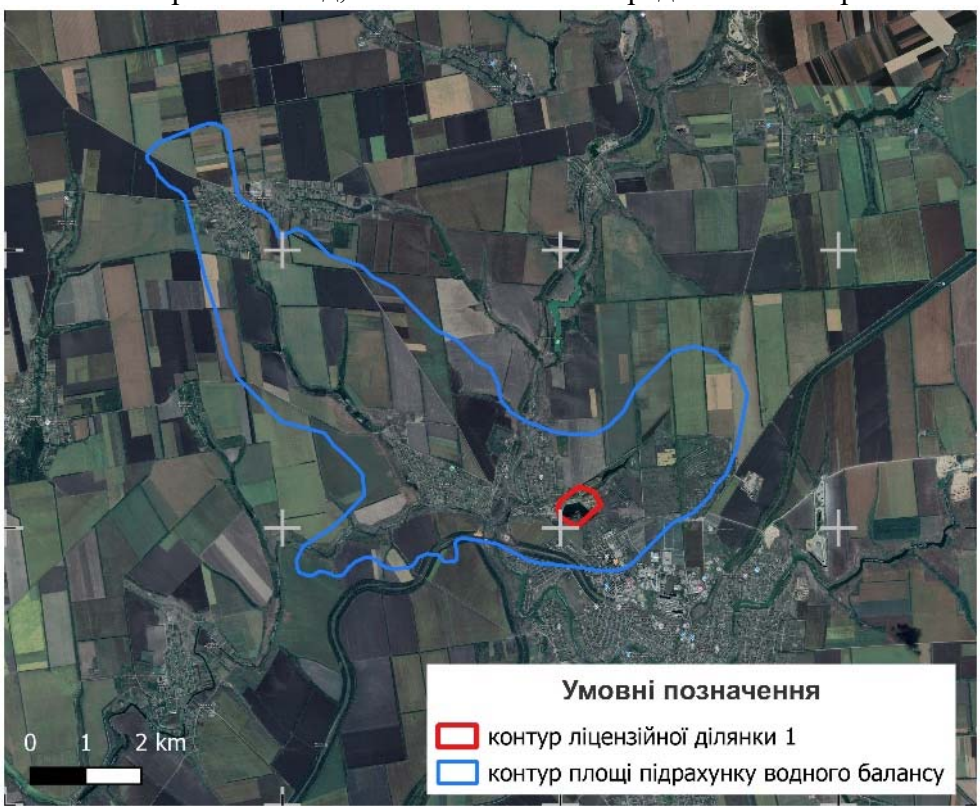


Рис. 1. Контур площі підрахунку водного балансу та меж впливу кар'єру

З метою верифікації запропонованих меж водозбірної площі було також враховано, що під час гідрогеологічного обстеження кар'єру водопрояви спостерігалися зі сторони поверхневих водотоків р. Плетений Ташлик.

Для визначення рівняння балансу у якості додатніх складових приймається інфільтраційне живлення, витрата напору на контурі постійного напору, а у якості від'ємних складових – витрата основних дрен, випаровування, дренування кар'єром (водоприплив у кар'єр).

Витрата напору на постійному контурі розраховується за законом Дарсі.

Приймаючи, що площа фільтрації – це ширина потоку підземних вод, помножена на потужність потоку, а втрата напору на певній довжині – це гідравлічний ухил, формула набуває наступного вигляду:

$$Q = K \cdot m \cdot b \cdot I, \quad (1)$$

де K – це коефіцієнт фільтрації, м/добу; m – потужність водоносного горизонту, м; b – ширина потоку, м; I – гідравлічний ухил, безрозмірн.

Водозбагаченність гранітів характеризується питомими дебітами 0,0031 – 0,027 м^3/год і коефіцієнтом фільтрації 0,002 – 0,02 м/добу [1]. Середнє розрахункове значення коефіцієнту фільтрації складає 0,012 м/добу. Живлення водоносного горизонту відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів. Середня потужність водоносного горизонту в межах родовища становить 103,0 м.

Дані для розрахунку витрати напору наведені у табл. 1.

Таблиця 1. Параметри розрахунку витрат напору

K, м/добу	m, м	b, м	I	Q, м^3/добу
0,012	103	2700	0,05	167

Розрахована таким чином витрата потоку на контурах постійного напору становить 167 м^3/добу.

Інфільтрація

Живлення водоносного горизонту відбувається по всій площі його поширення головним чином за рахунок інфільтрації атмосферних опадів та перетоку із водоносних горизонтів осадового чохла. В цілому, перетікання неістотні та мають місце лише у місцях відсутності водотривів. Для гідрогеологічного району, в межах якого розташовано кар'єр, величина інфільтраційного живлення становить 80% опадів [3, 4].

Характерна річна норма опадів за даними обласного центру з гідрометеорології становить 522 мм, що також складає 1,43 мм/добу, або 0,00143 м/добу. Таким чином, величина інфільтраційного живлення, яка складає 90% суми опадів, дорівнює 0,0011 м/добу. У перерахунку на площу водозбірного басейного у зоні впливу кар'єру (що дорівнює 35 км^2), витрата середньодобового живлення підземних вод за рахунок атмосферних опадів та їх інфільтрації складає 45500 м^3/добу.

Випаровування

Випаровування з поверхні відповідно до кліматичної зони, в якій розміщена гірнича виробка не сягає водоносного горизонту у відкладах тріщинуватої зони, тому ним можна нехтувати.

Витрата на поверхневий стік

Витрата річки Чорний Ташлик приймається за даними гідрометеорологічного посту поблизу с. Тарасівка, і складає 3,32 м^3/с, а модуль стоку, що характеризує динамічний ресурс, складає 1,49 л/с з км^2, або 128,73 м^3/добу з км^2.

Витрата води у створі р. Плетений Ташлик становить 0,5 м^3/с. Приймаючи, що виділена водозбірна площа приурочена до річкової мережі другого порядку (представлена переважно течією р. Плетений Ташлик, який впадає у Чорний Ташлик), витрату поверхневого стоку оцінемо як 0,5 м^3/с, або 43200 м^3/добу.

Результати розрахунку складових балансу представлені у табл. 2.

Таблиця 2. Розрахунок компонентів водного балансу водозбірної площі із розташованою у ній гірничою виробкою (кар'єром)

Компоненти водного балансу	Витрата Q, м^3/добу	
	Додатні	Від'ємні
Витрата напору	167	–
Інфільтрація	45500	–
Випаровування	–	–
Поверхневий стік	–	43200
Загальне	45667	43200
Різниця	2467	

Різниця між додатніми та від'ємними компонентами балансу, 2467 м^3/добу, обчислена і представлена у табл. 2, являє собою сумарну витрату неврахованого дренуючого впливу, який здійснюється кар'єром, а також мережею балок у межах розрахункової площі.

Таким чином, розрахункова величина водоприпливу у кар'єр, яка отримана в результаті попередніх розрахунків і складає 1752 м^3/добу є виправданою, зважаючи на розподіл складових водного балансу території, а водозбірна площа, що представляє концептуальну модель геофільтрації зазначеної території, є аргументованою і може слугувати основою прогнозу.

Прогноз водоприпливу в кар'єр та радіусу поширення воронки депресії із застосуванням чисельного моделювання геофільтрації

Промислові запаси корисної копалини на родовищі становлять 13042,1 тис.м^3. При видобутку корисної копалини в об'ємі 360,0 тис. м^3/рік в щільному тілі, термін служби кар'єру складе:

$$T = 13042,1 : 360,0 = 36,2 \text{ роки}$$

де: Т – термін служби кар'єру, років;

13042,1 – промислові запаси корисної копалини на родовищі, тис. м^3;

360,0 – річний видобуток корисної копалини, тис. м^3.

Враховуючи геометричні параметри кар'єру, які існуватимуть наприкінці терміну видобування, а також фільтраційні параметри водовміщуючих порід кар'єру, на основі існуючої концептуальної моделі геофільтрації (стабілізований порушений режим фільтрації) виконане прогнозне гідрогеологічне моделювання (програмний комплекс GMS – Groundwater modelling system [6]) та побудована прогнозна карта гідроізогіпс (рис. 2), які будуть характеризувати потік підземних вод на момент повної розробки родовища до глибини +23,0 м.

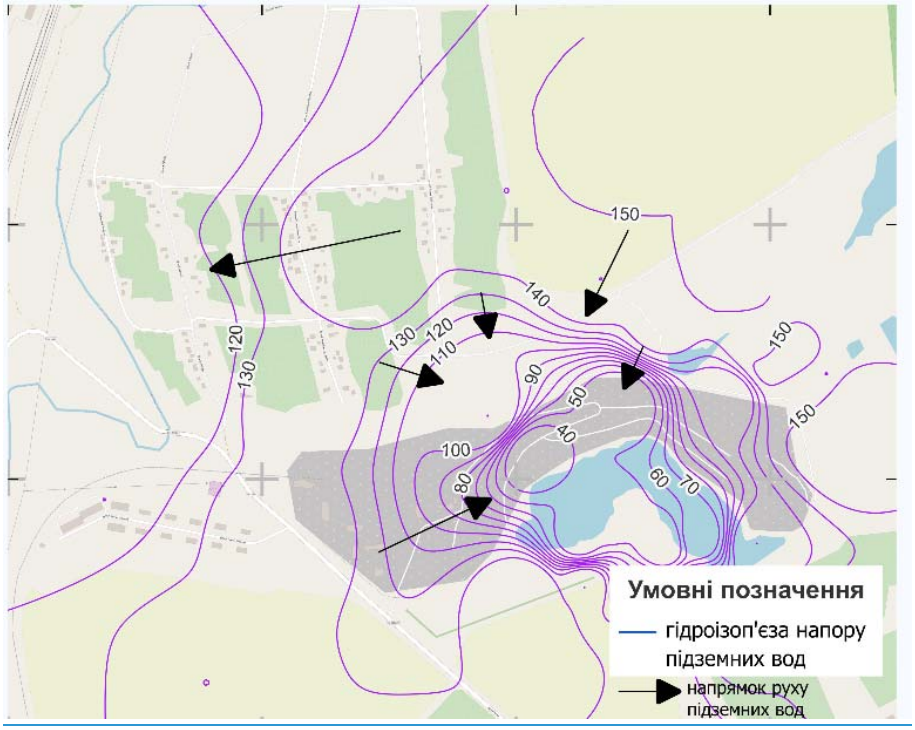


Рис. 2. Схема гідроізогіпс, отриманих в результаті чисельного моделювання геофільтрації на кінцевий період запланованого видобутку

Поширення дренуючого впливу кар'єру відповідно до отриманої схеми сягатиме ізолінії напорів підземних вод 130 м і за результатами картографічного заміру радіус впливу складатиме 340 м (рис. 3). Отримана в результаті величина водоприпливу у кар'єр складає 2500 м^3/добу.

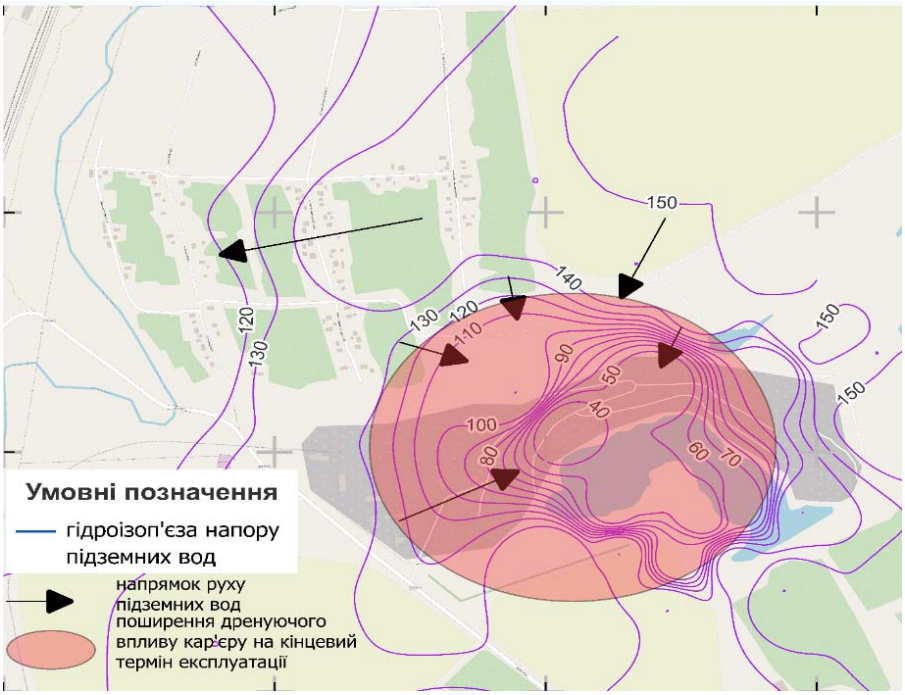


Рис. 3. Схема поширення дренуючого впливу кар'єру наприкінці експлуатації (за результатами прогнозу)

Розрахункове значення водоприпливу у кар'єр на кінцевий термін експлуатації гірничої виробки дорівнює 2213 м3/добу. Розрахунок представлений у табл. 3.

Таблиця 3. Визначення прогнозного водоприпливу в кар'єр

K, м/добу	H_1, м	M, м	R, м	r_0, м	Q, м^3/добу	**$Q_{сер}$, м^3/добу**
0,008 (св.74)	130	130	340	300	1475	**2213**
0,016 (св.84)	130	130	340	300	2951	

Незначні зміни радіусу пониження рівня у порівнянні із глибиною запланованої розробки, а також збільшення радіусу всього на 70 м у порівнянні із існуючою величиною 240 м пояснюється наявністю гідрогеологічних границь з постійним напором та зменшенням водопроникненості гранітів з глибиною, а також низькою водовіддачею та водопровідними властивостями зони вивітрювання гранітів.

Висновки. Існуюча схема гідроізогіпс, яка відображає сучасні умови стану підземних вод (існуючий кар'єр без поглиблення), вказує на стабілізацію дренуючого впливу кар'єру, що означає відновлення дренуючого впливу річки Плетений Ташлик та встановлення постійного напору на північному сході виділеної водозбірної площі.

Отримане розрахункове значення водоприпливу у кар'єр, що характеризує нинішні умови фільтрації підземних вод – 1752 м^3/добу. Величина водоприпливу відповідає воднобалансовій картині території, що визначається межами водозбірної площі другого порядку р. Плетений Ташлик, р. Чорний Ташлик, кар'єру та прилеглих балок.

На основі чисельного моделювання геофільтрації виконано прогнозне гідрогеологічне моделювання та побудована прогнозна карта гідроізогіпс, що характеризуватимуть потік підземних вод на момент повної розробки родовища до глибини +23,0 м.

Прогнозний радіус воронки депресії до абсолютної відмітки напору +130 м складатиме 340 м. Змодельована величина водоприпливу у кар'єр - 2500 м^3/добу. Розрахункове значення водоприпливу у кар'єр на кінцевий термін експлуатації гірничої виробки дорівнює 2213 м^3/добу.

Незначні зміни радіусу, що відповідає нормам проектування [7], воронки депресії та водоприпливів на кінцевий термін запланованої експлуатації кар'єру порівняно із сучасними пояснюється наявністю гідрогеологічних границь з постійним напором та зменшенням водопроникненості гранітів з глибиною, а також низькою водовіддачею та водопровідними властивостями зони вивітрювання гранітів.

Список використаних джерел:

1. Проміжний звіт. Гідрогеологічні розрахунки та моделювання впливу розробки родовища на підземні води. згідно з договором № 05-2024-ІГНС від 01 вересня 2024 року. М. Київ, 2025. – 41 с.

2. Kolm, K.E., 1996. Conceptualization and characterization of ground-water systems using Geographic Information Systems. Engineering Geology 42 (2e3), 111e118. http://dx.doi.org/10.1016/0013-7952(95)00072-0.

3. Загальне геоморфологічне районування території України / В.П. Палієнко, М.Є. Барщевський, С.Ю. Бортник та ін. // Український географічний журнал. – 2004. – № 1. – С. 3- 11.

4. Маринич О.М., Шищенко П.Г. Фізична географія України: Підручник. – К.: Знання, 2006. – 510 с.

5. Шестопалов, В. М. Водообмін в гідрогеологічних структурах України. Водообмін в порушених умовах [Текст] / В. М. Шестопалов. – Київ: Наукова думка, 1991. – 203 с.

6. Adams R., Younger PL. (2001). A strategy for modelling groundwater rebound in abandoned deep mine systems. Ground Water 39(2), 249-261.

7. Положення про проєктування гірничодобувних підприємств України та визначення запасів корисних копалин за ступенем підготовленості до видобування. Затверджено Наказом Міністерства промислової політики від 07.05.2004 р. № 221. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 7 липня 2004 р. за № 846/9445.

УДК 911.2:502

ОБСЯГИ НАКОПИЧЕННЯ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ГІРНИЧОПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ У ЛЬВІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

***Іванов Є.А.**, д. геогр. н., професор, yevhen.ivanov@lnu.edu.ua;*
Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів, Україна

Більшість промислових відходів, що утворені та накопичені у Львівській області є відходами гірничодобувної та енергетичної галузі, зокрема, гірничі і розкривні породи, хвости збагачення, зола і фосфогіпси. Нині у регіоні не властиве утворення значних обсягів небезпечних відходів, оскільки промислове виробництво, зокрема, гірнича хімія і хімія загалом, які ще 25–30 років тому формували більшість промислових відходів (до 90 %), припинили чи скоротили власну діяльність. Загалом найбільшу кількість гірничопромислових відходів зосереджено у відвалах і хвостосховищах ПАТ "Львівська вугільна компанія" (близько 75 млн т гірничої породи і відходів флотації), породних відвалах шахт ДП "Львіввугілля" (понад 36 млн т гірничої породи), накопичувачах Роздільського ДГХП "Сірка" (4,0 млн т фосфогіпсів), Стебницького ДГХП "Полімінерал" (3,8 млн т шламів і хвостів збагачувальної фабрики) та АТ "НПК Галичина" (понад 39 тис. т нафтошламів, змішаних з кислими гудронами). За площею та обсягами гірничопромислових відходів об'єкти їхнього складування на Львівщині є надзвичайно контрастними. Сховища гірничопромислових відходів розміщені в межах всіх ландшафтів Розточчя й Опілля, чотирьох – у передкарпатських областях, трьох – малополіських областях, по одному – у Бескидському крайовому низькогір'ї і Люблінській височині. Сучасну геоекологічну ситуацію в Львівській області зумовлено продовженням накопичення гірничопромислових відходів, що призводить до забруднення атмосферного повітря, поверхневих, ґрунтових і підземних вод, ґрунтового і рослинного покривів, підвищеного захворювання місцевого населення.

VOLUMES OF ACCUMULATION AND EFFICIENCY OF USE OF MINING WASTE IN THE LVIV REGION

***Ivanov Ye.**, Dr. Sci. (Geogr.), Prof., yevhen.ivanov@lnu.edu.ua*,
Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine

Most of the industrial waste generated and accumulated in the Lviv region is waste from the mining and energy industries, in particular, mining and overburden rocks, tailings, ash and phosphogypsum. Currently, the region is not characterized by the generation of significant volumes of hazardous waste, since industrial production, in particular, mining chemistry and chemistry in general, which formed the majority of industrial waste (up to 90%) 25-30 years ago, have ceased or reduced their activities. In general, the largest amount of mining waste is concentrated in the dumps and tailings storage facilities of PJSC "Lviv Coal Company" (about 75 million tons of rock and flotation waste), the waste dumps of the mines of the SE "Lviv Coal" (over 36 million tons of rock), the storage facilities of the Rozdil SMPP "Sirka" (4.0 million tons of phosphogypsum), the Stebnyk SMPP "Polymineral" (3.8 million tons of sludge and tailings of the enrichment plant) and the JSC "NPK Halychyna" (over 39 thousand tons of oil sludge mixed with acid tars). In terms of area and volume of mining waste, the facilities for their storage in the Lviv region are extremely contrasting. Mining waste storage facilities are located within all landscapes of Roztocze and Opillia, four in the Carpathian regions, three in the Lesser Poland regions, one each in the Beskydy Lowlands and the Lublin Uplands. The current geoecological situation in the Lviv region is due to the continued accumulation of mining waste, which leads to pollution of atmospheric air, surface, ground and underground waters, soil and vegetation, and increased disease of the local population.

Вступ. Господарська діяльність людини створює одну із найактуальніших проблем, а саме охорону природного середовища від негативного впливу різних видів відходів виробництва і споживання. Усе те, що добувають, виробляють або споживають люди, рано чи пізно перетворюється у промислові і побутові відходи. Зрозуміло, що проблема накопичення та утилізації значних обсягів відходів виникла й у Львівській області. Сумарний обсяг лімітів, що видані підприємствам області щороку, змінюється і сьогодні не перевищує 5 млн т промислових і побутових відходів. Неоднозначною є ситуація з отриманням лімітів на розміщення відходів першого-третього класів небезпеки. В окремі роки дозволів на накопичення відходів першого класу небезпеки у Львівській області не видавали, а щодо відходів другого класу – обсяги коливаються у широкому діапазоні (до 1 500 т). Однак на практиці кількість виданих лімітів та масштаби накопичення промислових і побутових відходів суттєво відрізняються. Обсяги нагромадження відходів на Львівщині щороку зростають. Якщо у 2001 р. вони становили лише 44,3 млн т, то у 2005 р. –

110,3 млн т, у 2010 р. – 174,5 млн т, у 2015 р. – 230,0 млн т. Останніми роками простежується незначне скорочення накопичених відходів (у 2017 р. – 221,5 млн т) [2]. Дозволи на розміщення мають лише 4–5 % від загальної кількості накопичених у регіоні відходів. Обсяги накопичення відходів першого-третього класів небезпеки у Львівській області змінюються щороку. Наголосимо на зростанні об'ємів відходів першого класу небезпеки удвічі (20 т – у 2010 р., 40 т – у 2017 р.) та значних коливаннях кількості акумульованих відходів другого (236–503 т) і третього (194–2 102 т) класів. Виявлено збільшення обсягів екологічно-небезпечних промислових і побутових відходів.

Аналіз первинних даних Департаменту екології і природного середовища Львівської ОД(В)А за 2010–2024 рр. дав змогу окреслити спектр видів промислових і побутових відходів, що накопичилися на Львівщині. Понад третину (37,0 %) від загального обсягу утворених у 2017 р. відходів становили відходи гірничодобувної галузі. Нині для області не характерне утворення значних обсягів небезпечних відходів, оскільки промислове виробництво, зокрема, гірнича хімія і хімія загалом, які ще 25–30 років тому формували більшість промислових відходів (до 90 %), припинили чи скоротили діяльність. За об'ємами утворення небезпечних відходів першого-третього класів небезпеки головними є нафтодобувні і нафтопереробні підприємства, зокрема, НГВУ "Бориславнафтогаз" і ВАТ "НПК "Галичина".

Обсяги накопичених гірничопромислових відходів. Більшість промислових відходів, що утворюються та накопичені у Львівській області, становлять відходи гірничодобувної та енергетичної галузі, зокрема, гірничі і розкривні породи, хвости збагачення, зола і фосфогіпси. По суті, за будь-якої технології гірничого розроблення корисних копалин утворюються полігони промислових, у т. ч. й токсичних відходів, які часто експлуатують з порушенням встановлених санітарних норм, що спричинює забруднення атмосферного повітря, поверхневих, ґрунтових і підземних вод, ґрунтового і рослинного покриву тощо. Вони є найбільшими джерелами забруднення геосистем та створюють екологічну небезпеку для життя і здоров'я населення регіону. У 1990-х роках у відвалах, териконах, відстійниках і хвостосховищах накопичено понад 1 млрд м^3 гірничопромислових відходів, з яких 83,6 млн т надзвичайно токсичні речовини [5]. Після затоплення найбільших сірчаних кар'єрів регіону обсяги цих відходів суттєво знизилися і на сьогодні, згідно з останніми перерахунками, становлять 582,04 млн м^3 (табл. 1). При цьому, площі зайняті під гірничопромислові відходи складають близько 44,2 км^2 (0,2 % від загальної площі області).

За рівнем небезпеки для довкілля і здоров'я людини їх поділяють на інертні (власне гірничопромислові), тобто не піддані хімічним методам перероблення та є, по суті, гірською породою з незначним вмістом корисних компонентів. Сюди належать гірничі і розкривні породи кар'єрів, відвалів і териконів. Ці відходи малонебезпечні (третього-четвертого класів), але є найоб'ємнішими. Більшу загрозу для природного середовища становлять відходи, що отримані внаслідок фізико-хімічного перероблення гірничої сировини. Серед них хвости флотації сірчаних руд і збагачення вугілля [10]. Основна частина утворених в області відходів (99,9 % від загального обсягу) належить до відходів четвертого класу небезпеки. Відходів першого класу утворено 40 т, другого класу – 503 т, третього класу – 2 102 т [2].

Передкарпатський сірконосний басейн. Найбільшими постачальниками відходів у вигляді розкривних порід, флотаційних хвостів і фосфогіпсу були Яворівське (Новояворівське) і Роздільське ДГХП "Сірка". За час їхньої роботи у відвали переміщено близько 636,5 млн м^3 порід, накопичено 128,0 млн м^3 флотаційних карбонатних хвостів і 3,0 млн т фосфогіпсу. Під їхнє складування зайнято понад 3,7 тис. га земельних угідь. Зокрема, у межах Яворівського ДГХП "Сірка" на площі 2,39 тис. га накопичено понад 336,0 млн м^3 гірничопромислових відходів [1]. У зв'язку із затопленням сірчаних кар'єрів площі зайняті гірничопромисловими відходами зменшилися і на нині зберігаються в об'ємі 442,03 млн м^3, зокрема в межах Яворівського ГПР – 280,61 млн м^3, а Роздільського ГПР – 160,92 млн м^3. Значну частину відвалів і хвостосховищ розміщено в межах Яворівського,

Роздільського і Подорожненського сірчаних кар'єрів. На Яворівщині, довкола кар'єру височіють три зовнішні відвали, які є фактично найбільшими у регіоні за площею – № 1 (289,1 га), № 3 (197,2 га) і № 2 (181,1 га). Значні площі відвалів на сьогодні виположено та вкрито панелями сонячних електростанцій. Однак найбільшим об'єктом гірничодобувної діяльності є гідровідвал, що займає 626,6 га. Ця територія входить до Чолгинського орнітологічного заказника. Великі за площею об'єкти присутні у районі двох інших кар'єрів – гідровідвал і хвостосховища Роздільського ДГХП "Сірка" загальною площею 763,9 га та відвали Подорожненського рудника – 523,9 га.

Таблиця 1. Основні об'єкти накопичення гірничопромислових відходів усіх класів небезпеки в межах Львівської області

Назва шахти чи вугільного підприємства	Кількість об'єктів	Площа, га	Максим. перевищення, м	Обсяг відходів, млн м^3
1	*2*	*3*	*4*	*5*
Передкарпатський сірконосний басейн				
Яворівський ГПР	*7*	*2 184,3*	–	*280,61*
Зовнішній відвал № 1	1	289,1	40	61,32
Зовнішній відвал № 2	1	181,1	26	50,25
Зовнішній відвал № 3	1	197,2	37	47,91
Хвостосховище хвостів плавки	1	157,7	10	11,15
Тимчасове хвостосховище ЗФ	1	168,0	8	8,41
Хвостосховище "Віжомля"	1	515,1	4	12,42
Гідровідвал	1	626,6	26	87,12
Стави-відстійники	1	28,5	8	1,48
Відстійники ПВС	1	21,0	4	0,55
Роздільський ГПР	*13*	*1 531,7*	–	*160,92*
Відвал фосфогіпсів	1	19,2	19	2,87
Зовнішні і внутрішні відвали	3	82,7	15–27	11,87
Гідровідвал	1	438,1	12	34,17
Хвостосховища № 1 і 2	2	325,8	8–12	23,29
Акумулюючий басейн	1	52,7	8	2,11
Відвали Подорожненського рудника	4	523,9	20–37	85,13
Акумулюючий басейн рудника	1	79,3	5	1,98
Разом	*20*	*3 716,0*	–	*442,03*
Львівсько-Волинський кам'яновугільний басейн				
ДП "Львіввугілля"	*25*	*224,5*	–	*57,37*
Шахта "Великомостівська"	2	9,6	8–12	0,88
Шахта "Бендюзька"	1	3,9	7	0,30
Шахта "Межирічанська"	3	28,6	11–16	3,08
Шахта "Відродження"	2	24,4	20–25	4,76
Шахта № 5 "Великомостівська"	3	23,0	24–27	4,19
Шахта "Лісова"	3	14,0	15–17	1,98
Шахта "Зарічна"	1	16,7	28	4,07
Шахта "Візейська"	3	12,3	28–33	3,51
Шахта "Надія"	2	14,5	33–37	4,59
Шахта "Степова"	1	15,5	22	3,37
Шахта № 1 "Червоноградська"	2	6,6	2	0,21
Шахта "Червоноградська"	1	17,9	30	4,39
Стави-відстійники шахт	1	37,5	5	0,40
ПАТ "Львівська вугільна компанія"	*4*	*285,9*	–	*66,28*
Гравітаційний відвал	1	86,4	64	48,89
Хвостосховище № 1	1	71,2	5	6,59
Хвостосховище № 2	1	63,1	12	9,60

1	*2*	*3*	*4*	*5*
Стави-відстійники ЗФ	1	65,2	5	0,80
Разом	*29*	*510,4*	–	*123,65*
Інші райони накопичення гірничопромислових відходів				
Стебницьке хвостосховище	1	163,7	16	13,09
Відвали Стебницького ГХП "Полімінерал"	2	3,5	5–9	0,32
Відвали АТ "Бориславський озокерит"	2	24,6	18–22	2,95
Разом	*5*	*191,8*	–	*16,36*
Разом по Львівській області	*54*	*4 418,2*	–	*582,04*

Загалом, на всі гірничопромислові об'єкти, що пов'язані із видобуванням і збагаченням самородної сірки припадає 84,1 % від загальної площі аналогічних об'єктів у регіоні. Максимальне перевищення об'єктів у районах розроблення сірчаної руди коливається від 4 до 40 м. Під час створення водойм у межах кар'єрів ці гірничопромислові об'єкти затоплено. Відсутність на них гідроізолюючого екрану сприяє потраплянню сірководню та інших забруднюючих сполук у новостворені водні екосистеми. Окрім внутрішніх сховищ відходів видобування і збагачення самородної сірки, довкола кар'єрів розміщені зовнішні відвали, гідровідвали, хвостосховища та акумулюючі стави-накопичувачі.

Львівсько-Волинський кам'яновугільний басейн. Розглянемо стан накопичення відходів в межах Червоноградського гірничопромислового району (ГПР) Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. Це запитання складне і різнобічне, яке потребує переоцінювання обсягів відходів. Слід відзначити, що існують значні розбіжності у головних показниках териконів, відвалів і хвостосховища, які у 1990–2000-і рр. подавали у ДП "Львіввугілля", але на сьогодні така інформація відсутня через закриття більшості вугільних підприємств, які перестали подавати статистичну звітність щодо обсягів накопичених відходів. Водночас, не зважаючи на ліквідацію шахт обсяги відходів зменшуються через розбирання перегорілої породи на дорожньо-будівельні потреби і виготовлення шлакоблоків. Схожу ситуацію спостерігаємо зі звітністю ПАТ "Львівська вугільна компанія", підприємства-банкрута, яке неконтрольовано розробляє відходи вуглезбагачення, що накопичені у хвостосховищах.

Виявлено загальне скорочення площ, що зайняті під відвалами і хвостосховищами. Це може бути пояснено точнішим визначенням площ за допомогою космознімків, а також не врахуванням складів вугілля й породи, що на сьогодні здебільшого порожні. Середня площа шахтного відвалу в Червоноградському ГПР становить 7,79 га. Найбільші площі під відходи відведені на шахтах "Межирічанській" (28,57 га), "Відродження" (24,39 га) і № 5 ВМ (23,04 га). Зрозуміло, що максимальні площі властиві для гравітаційного відвалу (86,38 га), хвостосховищ № 1 (71,23 га) і № 2 (63,13 га) ПАТ "Львівська вугільна компанія". Скорочення площ під відвалами зумовлено розбиранням перегорілих порід на господарські потреби. Найінтенсивніше процеси виймання породи спостерігаємо на відвалах шахт "Великомостівська" і "Бендюзька". Ці шахти мають найкращі під'їдні шляхи і розміщені неподалік від споживача мінеральної сировини. До скорочення площ відвалів призводить проведення рекультиваційних робіт на ліквідованих вугільних шахтах.

Максимальне перевищення гірничопромислових об'єктів над рівнем оточуючої земної поверхні може суттєво вирізняється і суттєво впливає під час розрахунку обсягів відходів. Найвищим відвалом є гравітаційний відвал ПАТ "Львівська вугільна компанія", який височіє на 64 м. Серед вугільних підприємств найвищі перевищення спостерігаємо на шахтах "Надія" (37 м), "Візейська" (33 м), "Червоноградська" (30 м). Середні значення відносної висоти відвалів у Червоноградському ГПР становлять 20,9 м.

Попри ліквідацію більшості вугільних шахт басейну, продовжуємо спостерігати істотне зростання обсягів накопичених відходів – з 96,22 (у 2007 р.) до 122,05 млн м^3. Це пояснюємо інтенсивнішим приростом об'ємів відходів вуглезбагачення ПАТ "Львівська вугільна компанія" (на 24,36 млн м^3, або 94,3 % від загального зростання).

Якщо проаналізувати зміни ситуації для вугільних підприємств, то зрозуміло, що збільшення обсягів відходів припадає на діючі шахти: "Червоноградська" (на 2,01 млн м^3), "Надія" (на 1,58 млн м^3), "Відродження" (на 0,44 млн м^3). Водночас, для ліквідованих шахт властиве зменшення об'ємів відходів.

Старі породні відвали у 1960–1980-х рр. сильно горіли, унаслідок чого гірські породи кристалізувалися. Інтенсивне фізичне вивітрювання призвело до утворення численних скам'янілих метаморфізованих останців висотою до 10–25 м. У кам'яному вугіллі і промислових відходах, що піднімають на поверхню під час добування вугілля, виявлено понад 70 хімічних елементів, вміст яких, зазвичай, до 0,1 %. Зазначимо, що саме у відходах міститься пірит, який швидко окислюється. У результаті цього утворюється сірчана кислота, яка знижує реакцію водних розчинів (pH) породи й інфільтратів до 2,0–3,5. Загалом, як перегорілі, так і свіжі (не горілі) породи є найбільшими накопичувачами хімічних елементів та зумовлюють утворення аномалій на поверхні відвалів. Середній вміст багатьох хімічних елементів (цинку, хрому, кобальту, миш'яку та ін.) перевищує у декілька разів ГДК, а вміст міді й нікелю, відповідно, – аж у 32 і 12 разів. Одночасно максимальні рівні хімічного забруднення за багатьма шкідливими елементами вищі за ГДК у 20–200 разів [5]. Делювіальні відклади, які здебільшого змиває з породних відвалів талий і дощовий стік, зумовлюють поховання сучасних ґрунтів. Тому угіддя, розміщені поблизу відвалів вміщують засолені сульфатами горизонти на глибині понад 20–30 см. За таких умов розвиток трав'яної рослинності стає неможливим, а її відсутність є індикатором значного вмісту токсичних елементів та їхніх сполук поблизу териконів. Площі, зайняті пошкодженою або знищеною рослинністю внаслідок впливу відвалів шахт, є значними і перевищують площу териконів у три-п'ять разів.

Інші райони накопичення гірничопромислових відходів. Унаслідок спалювання вугілля на Добротвірській ТЕС щороку утворюється близько 70 тис. т золошлакових відходів. Відходи енергетичної галузі зберігають у трьох накопичувачах, які розміщені поряд з тепловою електростанцією. На площі 200 га накопичено понад 6,5 млн т [4]. Відходи гірничохімічної галузі представлені головно глинисто-сольовими хвостами Стебницького ДГХП "Полімінерал", нафтовими шламами і кислими гудронами АТ "НПК Галичина" та гірничими породами АТ "Бориславський озокерит". Загальні обсяги накопичених на цих підприємствах на площі у понад 191,8 га відходів становлять 16,36 млн м^3. Незначні обсяги відходів утворюються під час добування цементної та іншої будівельної сировини. За умов середньорічного обсягу видобутку будівельної сировини у кількості до 2,5 млн м^3 у відвалах площею близько 92 га складовано 5,9 млн м^3 некондиційних відкладів.

Загалом найбільшу кількість гірничопромислових відходів зосереджено у відвалах і хвостосховищах ПАТ "Львівська вугільна компанія" (близько 75 млн т гірничої породи і відходів флотації), породних відвалах шахт ДП "Львіввугілля" (понад 36 млн т гірничої породи), накопичувачах Роздільського ДГХП "Сірка" (4,0 млн т фосфогіпсів), Стебницького ДГХП "Полімінерал" (3,8 млн т шламів і хвостів збагачувальної фабрики) та АТ "НПК Галичина" (понад 39 тис. т нафтошламів, змішаних з кислими гудронами).

За площею та обсягами гірничопромислових відходів об'єкти їхнього складування у Львівській області є надзвичайно контрастними. Сховища гірничопромислових відходів розміщені в межах всіх ландшафтів Розточчя й Опілля, чотирьох – у передкарпатських областях, трьох – малополіських областях, по одному – у Бескидському крайовому низькогір'ї і Люблінській височині. Значні обсяги відходів (понад 200 млн т) нагромаджено під час добування самородної сірки в Яворівському Поліссі, Ходорівському Опіллі і Стрийському передгір'ї, особливо в районах Новояворівського і Роздільського ДГХП "Сірка". Значна їхня кількість (понад 10 млн т) наявна в межах Ратинського і Радехівського Полісся, Львівського Опілля і Дрогобицького передгір'я [5]. Найбільше гірничопромислових відходів зосереджено в околицях міст-центрів гірничодобувної промисловості – Новояворівська, Нового Роздолу, Червонограда, Соснівки, Стебника,

Дрогобича, Миколаєва і Борислава. У цих районах питоме гірничодобувне навантаження сягає понад 500–1 000 т/осіб. Це створює значну екологічну небезпеку для 350 тисяч мешканців регіону, що становить 12,7 % населення Львівщини. Полігони гірничопромислових відходів є значними джерелами забруднення навколишніх геосистем, їх вважають потенційно можливими вогнищами катастрофічних екологічних ситуацій. Зазначимо про масштабне засолення ґрунтового покриву, поверхневих і підземних вод у вересні 1983 р., яке пов'язане з аварією на хвостосховищі Стебницького ДГХП "Полімінерал" та потрапляння у водотоки басейну Дністра понад 5 млн $м^3$ розсолів.

Серйозною у сучасних умовах стала проблема комплексного використання відходів гірничого виробництва, які включають розкривні породи при відкритому способі розробленні корисних копалин і відвали порід при освоєнні родовищ підземним способом, збалансовані і важкозбагачувальні руди: хвости збагачення, шлаки, шлами, золи тощо. На жаль, у господарстві використовують до 2–4 % гірничопромислових відходів, хоча їх значна частина придатна для виробництва різноманітних будівельних матеріалів [8]. У Львівській області накопичено значну кількість відходів виробництва. Всю цю масу цінної сировини практично не використовують. Водночас, поблизу кар'єрів цих підприємств функціонують спеціальні кар'єри для видобування будівельних матеріалів. Собівартість будівельного щебеню, піску і гравію із відвальних порід вугільних кар'єрів у два-чотири рази нижче, ніж на спеціалізованих підприємствах.

Накопичення значних обсягів гірничопромислових відходів у регіоні є наслідком нераціонального використання окремих корисних компонентів. За умови комплексного використання мінеральних ресурсів кількість накопичених відходів зменшиться практично у два рази. Таке використання мінеральних ресурсів дає змогу збільшити кількість отриманої промислової сировини, що має велике економічне значення. Водночас при величезних обсягах видобування корисних копалин в надрах утворились великі пустоти (вироблені гірничі простори), правильне використання яких стає важливим господарським питанням. Здобутий досвід щодо створення газосховищ, лікарень, захована небезпечних речовин, розміщення допоміжних чи навіть основних виробництв (наприклад, підземних заводів) є недостатнім у порівнянні із наявними можливостями. З метою повнішого використання мінеральних ресурсів слід впроваджувати нові ресурсозберігаючі технології і техніку. Суттєве зниження матеріало- й енергомісткості гірничодобувної і гірничозбагачувальної промисловості призведе до зниження собівартості мінеральних ресурсів і кінцевої продукції. Для цього варто залучати у гірничу справу іноземні інвестиції й технологічні розробки.

Розглянемо на прикладі найперспективнішого Червоноградського ГПР. Мінеральний і хімічний склад породи, нагромадженої у териконах, відвалах і хвостосховищах, впливає як на навколишнє природне середовище, так і на здоров'я мешканців району, оскільки мікроелементи, що накопичені у відвалах й перевищують ГДК, утворюють сполуки, що можуть призвести до отруєння рослинного й тваринного світу та людей. У зв'язку із кризовою геоекологічною ситуацією у Червоноградському ГПР і відсутністю додаткових площ для розміщення вуглевідходів ПАТ "Львівська вугільна компанія" у 1990-х рр. винила потреба у вийманні мулів із переповнених хвостосховищ та їхнього введення у повторну експлуатацію. У 1999 р. розпочате розроблення відходів вуглезбагачення, яке з різною інтенсивністю продовжується й сьогодні. При цьому технології видобування сировини різна: на хвостосховищі № 1 – екскаваторами та автотранспортом; на хвостосховищі № 2 – земснарядом, а потім брандспойтами. Це дало змогу повністю, або частково очистити карти хвостосховищ і продовжити роботу фабрики. У 2015 р. припинено перероблення і відвантаження вугілля та розпочато процедуру банкрутства ПАТ "Львівська вугільна компанія". Однак розроблення і продаж відходів підприємства продовжено, а в останні роки активізовано. Вугільних шламів у хвостосховищах накопичено стільки, що його вистачить на 10–15 років існування причетних до продажу осіб і фірм, навіть після повної зупинки фабрики. У 2019 р. робили спроби "реанімувати"

роботу компанії за рахунок постачання російського вугілля для розубоження високозольним вугіллям Донбасу та Львівсько-Волинського басейну. Ще одна незаконна схема мала на меті знищити вугільні шахти басейну, економічно підтримувала приватні енергетичні компанії і країну-агресора.

Ефективність використання гірничопромислових відходів. Використання застарілих й малоефективних технологій накопичення, розроблення і транспортування гірничопромислових відходів у Червоноградському ГПР, відсутність дієвого екологічного контролю, слабка реалізація рекультиваційних заходів посилює трансформацію і забруднення природного середовища довкола териконів, відвалів і хвостосховищ. Загалом, економічна ефективність комплексного використання відходів у басейні можлива у різних напрямах. Передусім це й супутнє вилучення цінних компонентів (головно германію), які присутні у породі відвалів і хвостосховищ. Ці гірничопромислові об'єкти є техногенними родовищами корисних копалин. Відходи вуглезбагачення у хвостосховищах придатні для спалювання у котельних установках теплових електростанцій. Однак головно гірничопромислові відходи використовують для виробництва будівельних матеріалів чи відсипання основ автошляхів, дамб і підтоплених ділянок. Останні два напрями мають досвід успішної реалізації, а обговорення щодо першого – періодично відновлюють, існують відповідні проекти майбутнього виконання.

Застосування енерго- і ресурсозберігаючих технологій видобування і збагачення кам'яного вугілля спричинить поліпшення екологічної ситуації в Україні. Новітні технології, виправдовують себе протягом стислого терміну та забезпечують ефективніший вихід кінцевого продукту у розрахунку на одиницю вихідної мінеральної сировини. При цьому собівартість товарної продукції з гірничопромислових відходів значно нижче, ніж з видобутої традиційними способами мінеральної сировини. Проблеми раціонального використання мінеральних ресурсів пов'язані із запровадженням сучасних безвідходних технологій видобування кам'яного вугілля.

Умови зберігання та видалення відходів, здебільшого, не відповідають санітарно-гігієнічним вимогам, що сприяє забрудненню поверхневих, ґрунтових і підземних вод, ґрунтів, атмосферного повітря. Таку ситуацію зумовлено закладанням об'єктів їх зберігання у радянський період, відсутністю належної інфраструктури і відповідного фінансування для забезпечення здійснення належних операцій у сфері поводження з відходами.

Питання утилізації гірничопромислових відходів вийшло за межі лише економічних та екологічних проблем, а й набуло соціально-демографічного значення. Це стосується й щільнозаселених районів Львівщини, де техногенне навантаження сягає 10–12 млн т/км^2. Подібного навантаження немає у більшості держав світу, оскільки гірничопромислові відходи утилізують шляхом їх перероблення, або використовують для засипання відпрацьованих гірничих виробіток і нерівностей форм рельєфу. Якщо перерахувати накопичені обсяги відходів на одного мешканця цих районів, отримаємо значні величини (до 3–5 тис. т/ос.), що корелюється із захворюваністю (серцево- судинні, легеневі, шлунково-кишкові, алергічні тощо), скороченням народжуваності, збільшенням смертності населення.

Висновки. Сучасну геоекологічну ситуацію в Львівській області багато у чому зумовлено продовженням накопичення гірничопромислових відходів, що призводить до забруднення атмосферного повітря, поверхневих, ґрунтових і підземних вод, ґрунтового і рослинного покривів, підвищеного захворювання місцевого населення. Окреслено перспективи ефективного використання гірничопромислових відходів у басейні, які можливі у напрямах: супутньому вилученні цінних компонентів (германію), спалюванні збагаченої вугіллям сировини у котельних установках теплових електростанцій, виробництві будівельних матеріалів, відсипанні основ автодоріг, дамб і підтоплених ділянок.

Список використаних джерел:

1. Баклан Ф. Г., Бент О. Й., Каляєва С. Г., Яцун В. К. Екологічні проблеми використання промислових відходів у західних областях України. *Геологія і геохімія горючих копалин.* 1994. № 1–2 (86–87). С. 127–129.
2. Довкілля Львівської області – 2018: статист. зб. / Головне управління статистики у Львівській області; відп. за випуск Л. Шалай. Львів, 2019. 116 с.
3. Екологічний паспорт Львівської області – 2019 / Департамент екології та природних ресурсів Львівської ОДА. Львів, 2020. 265 с.
4. Іванов Є. Геокадастрові дослідження гірничопромислових територій : монографія. Львів : ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2009. 372 с.
5. Іванов Є. Ландшафти гірничопромислових територій: монографія. Львів: ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2007. 334 с.
6. Іванов Є. А. Накопичення і використання гірничопромислових відходів у Львівській області: актуальні екологічні проблеми і шляхи їх вирішення. *Розроблення та реалізація регіональних Програм поводження з відходами: проблемні питання та кращі практики*: зб. матер. Київ: Центр екологічної освіти та інформації, 2020. С. 77–81.
7. Іванов Є. А. Природно-господарські системи гірничопромислових територій Західного регіону України: функціонування, моделювання, оптимізація: автореф. дисер. … д-ра геогр. наук. Київ: ФОП Корпан Б. І., 2017. 40 с.
8. Іванов Є. А., Біланюк В. І. Ефективність використання мінеральної сировини і гірничопромислових відходів в Україні. *Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування*: матер. 2-ї міжнарод. наук.-практ. конф. К. : ДКЗ, 2015. С. 344–351.
9. Іванов Є. А., Ковальчук І. П. Накопичення гірничопромислових відходів у Львівсько-Волинському кам’яновугільному басейні: сучасний стан, проблеми і перспективи поводження. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 7. С. 75–84.
10. Профіль Львівської області. Аналітично-описова частина до Стратегії розвитку Львівської області. Львів, 2013. 102 с.
11. Рудько Г. І., Іванов Є. А., Ковальчук І. П. Гірничопромислові геосистеми Західного регіону України: монографія. Київ–Чернівці: Букрек, 2019. Т. 1. 464 с.

УДК 502.3:556.01-06/556.3

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВОДНИХ РЕСУРСІВ ПІВДЕННО-СХІДНИХ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ

Жикаляк М.В., *д. екон. н, докт. філос. (геол.), dongeo@ukr.net,*
Бондар О.П., *dongeo@ukr.net*, ***Маринченко М.Є.***, *geolog1968@gmail.com,*
ДРГП «Донецькгеологія», м. Бахмут–м.Київ, Україна

Наведено особливості розмежування річкових басейнів і суббасейнів південно-східних регіонів України, охарактеризовано кількісний та якісний стан масивів поверхневих і підземних вод та проаналізовано проблемні аспекти управління найбільш техногенно навантаженими річковими басейнами.

ECOLOGICAL SAFETY OF WATER RESOURCES OF THE SOUTHEASTERN REGIONS OF UKRAINE

Zhikalyak M., *Dr. Sci.(Econ.), PhD (Geol.), dongeo@ukr.net*,
Bondar O., *dongeo@ukr.net*, ***Marynchenko M.,*** *geolog1968@gmail.com*,
DRGP «DonetskGeology», Bakhmut-Kyiv, Ukraine,

The features of the delimitation of river basins and sub-basins of the southeastern regions of Ukraine are presented, the quantitative and qualitative state of surface and groundwater bodies is characterized, and problematic aspects of the management of the most technogenically loaded river basins are analyzed.

Вступ. На період до 2050 року найбільш актуальною природоохоронною проблемою буде проблема охорони, раціонального використання та сталого розвитку водних ресурсів. На думку академіка В.І. Вернадського вода на нашій планеті – один з мінералів, який за своїм розповсюдженням не має собі рівного, формує одну із земних геосфер – гідросферу та визначає всю хімію земної кори.

Південно-східні регіони України є найменш маловодними в державі та одночасно найбільш техногенно навантаженими. Крім того, ця історична територія Русі-України зазнала найбільших руйнувань від тривалої масштабної воєнної агресії Російської Федерації. Розглянемо особливості розмежування річкових басейнів, екологічний стан масивів поверхневих і підземних вод і проблемні аспекти управління річковими басейнами південно-східних регіонів України.

1. Особливості розмежування басейнів підземних і поверхневих вод південно-східних регіонів України. Проявлення у Донецькому басейні та Дніпровсько-Донецькій западині альпійського тектогенезу зі значним стисканням з півдня-південного сходу Східно-Європейської континентальної платформи внаслідок деформації в Ірансько-Кавказькому колізійному поясі та значний вплив альпійських тектонічних рухів на неотектонічну активізацію рельєфоутворення призвели до формування в межах південно-східних регіонів України трьох річкових басейнів – басейну р. Сіверський Донець, басейну р. Дніпро та басейну річок Приазов'я. При цьому, на околиці міст Донецьк, Макіївка та Ясинувата сходяться вододіли усіх цих річкових басейнів, що обумовлено особливостями тектонічної будови території та її неотектонічною активізацією. За геоморфологічними, гідрологічними, структурно-тектонічними, палеогідрологічними та фізико-географічними ознаками найбільшою кількістю суббасейнів представлений басейн річки Сіверський Донець. Зокрема на її лівобережжі виділяються Вовчансько-Бурлуцький, Балаклійський, Оскільський та суббасейни річок Красна, Айдар і Деркул, а на правобережжі р. Сіверський Донець – Лопань–Мозський, (Харківський), Берецький, Торецький, Бахмутський, Луганський, Кам'янський, та Кундрючно-Тузлівський (переважно на території Ростовської області Росії) суббасейни.

На лівобережжі р. Дніпро в межах південно-східних регіонів України з північного заходу на південь виділені суббасейни річок Сейм, Псел, Ворскла, Орілька, Самара, Кінська та Низовинний – перехідний між суббасейнами річок Приазов'я. Найбільш важливе значення для водогосподарського комплексу регіону мають суббасейни річок Орілька та Самара. Суббасейн р. Орілька на сході межує з Берецьким суббасейном річки

Сіверський Донець, з яким утворює єдиний водогосподарський комплекс щодо забезпечення питною водою південних районів м. Харків і регулювання кількісного та якісного стану поверхневих вод в річці Сіверський Донець.

Суббасейни річок Приазов'я із заходу на схід вздовж узбережжя Азовського моря представлені Низовинно-Лиманним суббасейном, суббасейном р. Молочна, Бердянським суббасейном, суббасейном р. Кальміус, Міусько-Яланчицьким суббасейном та Ростовським суббасейном на території Російської Федерації. При цьому нижня долинна частина річки Дон та його Дельта відносяться до басейну річок Приазов'я, оскільки північний вододіл річок Приазов'я знаходиться в 12-15 км на північ від м. Ростов-на-Дону.

2. Екологічний стан масивів підземних і поверхневих вод у басейнах та суббасейнах південно-східних регіонів України. Незбалансована енерго-ресурсноємна економічна діяльність в Україні з масштабним використанням 90% переважно поверхневих вод з індустріально-орієнтованою канально-водопровідною мережею водопостачання суттєво порушила закономірний колообіг прісної води у річкових басейнах, особливо у суббасейнах, значно перевищивши природно-відновлювані доіндустріальні межі стосовно не тільки поверхневих, а й підземних вод.

2.1. Екологічний стан масивів підземних вод. Масиви підземних вод палеоген-неогенових відкладів характеризуються мінералізацією 0,8-2,0 г/дм^3 у долинах з її зростанням до 3,5-5,0 г/дм^3 на вододілах. Підземні води тріщинуватої мергельно-крейдової товщі із значними запасами переважно питних вод широко представлені в усіх трьох басейнах південно-східних регіонів України, відзначаються мінералізацією до 1,5 г/дм^3. Водоносний комплекс верхнього тріасу є менш поширеним за верхньокрейдовий і представлений прісними та слабкосоленими пілземними водами мінералізацією 0,8-3,0 г/дм^3. Масиви підземних вод приповерхневої тріщинуватої зони карбону розповсюджені тільки в басейнах річок Дніпра і Сіверського Дінця та відзначаються відносно низькою водопровідністю і мінералізацією від 1,5-2,2 г/дм^3 до 3,5-5,5 г/дм^3. В цілому для масивів підземних вод басейнів річок Дніпра і Сіверського Дінця характерна наявність аномалій бору, брому, йоду і стронцію на ділянках їх розвантаження та миш'яку і ртуті на солянокупольних структурах і в зонах впливу тектонічних порушень. Підземні води відкритих і напівзакритих суббасейнів здебільшого забруднені важкими металами, хімічними сполуками і промислово-побутовими відходами. Крім того зараз затопленими на дві третини гірничого масиву є понад 50 шахтних полів старопромислових районів Донбасу. Масиви безнапірних підземних вод у басейні річок Приазов'я характеризуються підвищеною мінералізацією до 5 г/дм^3 та забрудненням нітратами, сполуками азоту, SO_4 і хлору.

У басейні річок Приазов'я безнапірні масиви підземних вод у долинах річок і в зонах антропогенно-промислового та агрохімічного впливу зазнають найбільшого техногенного навантаження. Найінтенсивніше їх забруднення з поширенням на діючі водозабори відбуваються поблизу накопичувачів і скидання стічних вод і в межах Маріупольського і Старобешівського промвузлів. Крім того, в результаті інтенсивної 70-річної експлуатації Амвросіївського водозабору верхньокрейдового водоносного комплексу суттєво знизилися рівні та майже вдвічі зросла мінералізація в експлуатаційних свердловинах.

Відкриті ділянки кам'яновугільного та верхньокрейдового водоносного комплексів у зонах їх живлення та розвантаження через недостатню захищеність усіх річкових басейнів зазнали значного техногенного забруднення внаслідок активних бойових дій та ракетно-бомбових російських обстрілів. Однак вплив масштабної воєнної агресії Російської Федерації на екологічний стан масивів підземних вод не оцінювався та може визначатися тільки після закінчення війни і проведення протягом 3-5 років цільових моніторингових робіт і досліджень.

2.2. Екологічний стан масивів поверхневих вод. У результаті тривалого антропогенного впливу на кількісний та якісний стан поверхневої гідросфери промислового виробництва, сільського господарства та 2420 населених пунктів Донецької, Луганської, Дніпропетровської та Харківської областей 49% масивів поверхневих вод басейнів річок Сіверського Дінця і Дніпра знаходяться під екологічним ризиком, 23% під можливим екологічним ризиком і тільки 29% поверхневих вод знаходяться в природному стані без екологічного ризику. Вплив масштабної воєнної агресії Російської Федерації на поверхневі води та довкілля в цілому призвів до недосягнення доброго екологічного їх стану протягом одного природного циклу (11-12 років) для 83,6% масивів поверхневих вод. Головним чином це обумовлено зміною гідрологічного режиму внаслідок руйнування або порушення регламенту експлуатації гідротехнічних споруд, технологічного процесу промислових підприємств та прямого потрапляння забруднюючих речовин з бомб, ракет і снарядів у зонах бойових дій тощо. Найпоширенішими забруднюючими металами масивів поверхневих вод є алюміній, арсен, барій, вісмут, вольфрам, кадмій, магній, марганець, миш'як, мідь, нікель, ртуть, стронцій, сурма, хром, а також азот, окис азоту та сірки, вуглекислий газ, нітрити, металоорганічні сполуки та речовини. Перевищення гранично допустимих концентрацій більшості цих металів і сполук в 42 масивах поверхневих вод Сіверськодонецького річкового басейну та в суббасейні р. Самара складає від 1,5-3,8 до 12,0 ГДК. Тільки в зимовий період 2025 року 28 масивів поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець відносилися до 1 хімічного класу з добрим екологічним станом поверхневих вод.

Для масивів поверхневих вод усіх річкових басейнів південно-східної частини України характерні суттєві гідроморфологічні зміни потоків води з порушенням вільної течії практично усіх цих річок і дифузне забруднення сполуками азоту - нітратами та амоній-іоном як поверхневої, так і підземної гідросфери. У Донецькій, Запорізькій та Луганській областях найбільшу екологічну небезпеку щодо забруднення поверхневих і підземних вод становлять понад 250 шламонакопичувачів та хвостосховищ через інфільтрацію забруднюючих і токсичних речовин, одна третина з яких знаходиться в зонах активних бойових дій або на тимчасово окупованій території. Ситуація може стати катастрофічною у зв'язку з наявністю на території всіх річкових басейнів близько 5 тисяч ставків, більшість з яких побудовані в 1960-1980 роках за спрощеною документацією та незадовільним станом водоскидних споруд. Особливо якщо врахувати, що через руйнування або суттєві пошкодження основних водосховищ регулююче їх наповнення, в умовах недостатньої водності басейнових річок у літній період, складає від 19,0-20,2% (Оскільське водосховище) до 77,8% (Печенізьке водосховище).

Основний негативний вплив на поверхневі води найменш водного басейну річок Приазов'я пов'язаний із забором води на потреби промислових (82%) та комунальних підприємств (15%) і екологічно небезпечним водовідведенням зворотних вод, у зв'язку з чим недосягнення доброго екологічного стану характерно для двох третин масивів поверхневих вод. Ситуація значно погіршилася у зв'язку із тривалою воєнною агресією Російської Федерації та активними бойовими діями на території басейну. Вибухові речовини з російських бомб, мін, ракет і снарядів проникають, в першу чергу, в навколишє середовище та поверхневі води. Однак моніторинг як поверхневих, так і підземних вод системно не проводиться. Крім того, однією з основних водно-екологічних проблем басейну річок Приазов'я є гідроморфологічні зміни і порушення вільної течії річок внаслідок спрямлення русел, спорудження гребель, шлюзів і порушення режиму їх експлуатації під впливом активних бойових дій. Значне антропогенне навантаження на масиви поверхневих вод річок Приазов'я пов'язані також з їх забрудненням органічними речовинами і сполуками (з 96% домінуванням нітратної форми), що призводить до щорічного формування з території басейну емісійного потоку сполук нітрогену обсягом до 662 тон,

3. Проблемні аспекти управління річковими басейнами південно-східних регіонів України. Використання, охорона, відтворення та управління водними ресурсами в Україні здійснюється згідно Директиви Європейського Парламенту та Ради Європейського Союзу (ЄС) від 23.10.2000 року за басейновим принципом. Статтею 13^1 Водного Кодексу України визначено 9 річкових басейнів, у тому числі в межах південно-східних регіонів України виділені басейни річки Дніпро, басейн річки Дон і басейн річок Приазов'я. При цьому, на території України та прилеглих регіонів Російської Федерації басейн річки Дон представлений усталеним з початку XIX сторіччя басейном р. Сіверський Донець, який штучно переведений у суббасейн в Національному атласі України з посиланням на виданий у 1978 році в Москві «Атлас Украинской ССР». Однак басейновий статус річки Сіверський Донець не змінювався ні після впровадження Водної директиви 2000/60/ ЄС, ні після видання в 2009 році Національного атласу України. Суббасейновий статус упереджено був закріплений Законом України від 04.2016 №1641-VIII зросійщеними чиновниками від Держводагенства і Міндовкілля України у Водному Кодексі тільки після окупації в 2014 році чималої частини Донецької та Луганської областей з метою виправдання майбутньої масштабної воєнної агресії Російської Федерації проти України 24 лютого 2022 року та необхідністю упередженого трактування путінською пропагандою історичних земель Гетьманщини в якості російських територій.

Самостійний басейновий статус річки Сіверський Донець відповідає вимогам статей 13 і 14 Водної рамкової директиви ЄС і ст.1 Водного Кодексу України з врахуванням наступних геоморфологічних, гідрологічних, структурно-геологічних, палеогідрологічних і фізико-географічних даних.

1. Водозбірна площа річки Сіверський Донець відділяється від водозбірної площі р. Дон контрастною Середньоруською височиною, яка простежується за межами України до вододілу між Волгою та Доном і одночасно є вододілом між річками Волга і Дніпро.

2. Річка Сіверський Донець є найстарішою викопною річкою Дніпровсько-Донського прогину, сучасна водозбірна поверхня якого за палеогідрологічними даними відноситься до мегабасейну річки Дніпра.

3. Розвиток у міоцені Палео-Дону і в пізньому плейстоцені Пра-Дону відбувався набагато східніше нижньої течії річки Сіверський Донець у межах єдиного з Пра-Маничем Донського басейну і тільки після останнього зледеніння був сформований субширотний Сальський мореновий вал, який змінив русло Дону в напрямку більш древньої субмеридіональної долини Сіверського Дінця. Саме тому нижче м. Ростов-на-Дону відсутні тераси р. Дон, а сформувалися лише більш пізні озерно-болотно-алювіальні відклади донської заплави. Таганрозька затока в цей час доходила до нижньої течії р. Манич, а теперішні Маницькі озера по-суті є залишком Таганрозької затоки.

4. Повноцінне самостійне русло річки Сіверський Донець зберігається майже до північної околиці м. Ростов-на-Дону і, незважаючи на інтенсивну забудову долини та прокладання нових русел для забезпечення судноплавства, збереглося до Таганрозької затоки під назвою Сухий Донець і Мертвий Донець. При цьому північно-західна частина Азово-Донської дельти без всяких сумнівів є дельтою річки Сіверський Донець.

5. Вододіл між південною водозбірною площею р. Сіверський Донець і басейном річок Приазов'я на території Донецької та Луганської областей України і Ростовської області Російської Федерації одночасно є південним вододілом Донбасу. На території Ростовської області він простежується на 12-15 ка на північ від м. Ростов-на-Дону, тому цю частину Азовської низини доцільно віднести до басейну річок Приазов'я, а не до штучно виділеного суббасейну Нижнього Дону.

6. Усі гідрологічні зміни і техногенне забруднення поверхневих і підземних вод, а також некероване і неконтрольоване підняття шахтних вод у старопромислових районах Донбасу відбуваються головним чином у межах основних суббасейнових притоків річки Сіверський Донець. Тому поетапне вирішення усіх екологічних проблем Донецької,

Луганської та Харківської областей неможливе без відновлення басейнового статусу річки Сіверський Донець.

7. Повноцінне запровадження в Україні європейської водної політики після впровадження методичного керівництва №31 «Екологічний стік» з метою не погіршення існуючого та поетапного досягнення доброго екологічного стану поверхневих вод у техногенно навантажених південно-східних регіонах України шляхом обгрунтування екологічного стоку і визначення екологічно безпечних мінімальних витрат води також можливе тільки в умовах відновлення басейнового статусу річки Сіверський Донець.

Річка Сіверський Донець є головним джерелом водопостачання Донецької. Луганської та Харківської областей з можливістю перекидання стоку до басейну річок Приазов'я. Безповоротне використання вод з поверхневих водних об'єктів найстарішої басейнової річки південно-східної України в довоєнний період складало 600-800 млн. $м^3$ на рік при щорічному скиданні зворотних вод до 831 млн. $м^3$. По суті водопостачання регіону базувалося на 85-процентному заборі поверхневих вод без врахування екологічного стоку з басейнової площі та необхідності дотримання мінімальних екологічних витрат води в руслах і неможливістю досягнення доброго екологічного стану поверхневих вод в цілому. Масштабна воєнна агресія Російської Федерації та активні бойові дії призвели до системної неконтрольованої деградації поверхневих вод в усіх річкових басейнах південно-східних регіонів України

Управління річковими басейнами південно-східних регіонів України здійснюється на підставі затверджених в установленому порядку шестирічних планів, розроблених у відповідності до Порядку, затвердженого постановою кабінету Міністрів України від 18.03.3.2017 №336. Прийняття планів управління окремими річковими басейнами на 2025-2030 роки є європейським зобов'язанням України відповідно до Угоди про асоціацію з Європейським Союзом з метою підтримання або досягнення доброго екологічного стану поверхневих і підземних вод. Однак досягнення доброго екологічного стану вод повинно базуватися на використанні керівництва ЄС №31 «Екологічний стік» з визначенням частки природного стоку кожної річкової системи та обгрунтування значного обмеження або припинення водовідбору в залежності від типу і стану річки чи водоносного горизонту. Всього цього Порядок підготовки планів управління річковими басейнами від 2017 року не враховує, а затверджені плани управління річковими басейнами на 2025-2030 роки не містять основних вимог підготовленого в 2024 році методичного керівництва №31 «Екологічний стік». Законодавство практично кожної країни ЄС передбачає встановлення екологічних витрат пооб'єктно на основі наукових досліджень з незначним коригуванням у залежності від потреб водокористувачів, а Держводагенство України все підлаштовує під екологічно не збалансовані потреби водокористувачів з метою отримання неконтрольованої водної ренти. Не дивно, що загальна вартість заходів, включених у план управління басейну річок Приазов'я на 2025-2030 роки, складає 24 511 млн. євро, а загальна початкова вартість таких заходів по суббасейну р. Сіверський Донець в сумі перевищує 30 млрд. гривень і в остаточній редакції Плану управління на 2025-2030 року взагалі не вказана.

В цих умовах Державне агенство водних ресурсів України намагається підмінити здебільшого захищені підземні води поняттям ***«грунтові води»*** та безпідставно обгрунтувати зменшення стоків річок забором гідравлічно пов'язаних з поверхневими водами підземних вод, ігноруючи при цьому водовідбірне навантаження на річки та необхідність визначення по кожній річці екологічного стоку та екологічно ощадливого водовідбору. Таким чином, можна константувати, що діяльність Держводагенства України не сприяє проведенню ефективної євроінтеграційної державної водної політики, направлена на корупційно-рентоорієнтоване використання бюджетних коштів, передбачених планами управління водними басейнами, і створює ризики екологічній та національній безпеці в умовах масштабної воєнної агресії Російської Федерації.

Висновки. Масштабне незбалансоване використання поверхневих вод індустріально-орієнтованою мережею водопостачання в техногенно навантажених районах південно-східних регіонів України суттєво порушило природно-відновлювальні можливості не тільки поверхневих, а й підземних вод. У результаті тривалого антропогенного впливу на кількісний і якісний стан підземної та поверхневої гідросфери під екологічним ризиком недосягання доіндустріального стану знаходяться незахищені горизонти підземних вод і дві третини масивів поверхневих вод. Масштабна воєнна агресія Російської Федерації значно унеможливила досягнення екологічно безпечного стану вод навіть протягом одного природно-відновлювального циклу після закінчення війни.

Система державного управління річковими басейнами, яка базується на нормативно-правових актах 2016-2017 років, не відповідає форс-мажорним обставинам непоборної сили південно-східних регіонів України та методичним керівництвам Водної директиви Європейського Союзу. Відновлення басейнового статусу річки Сіверський Донець значно пришвидшило б поетапне вирішення основних екологічних проблем південно-східних регіонів та досягнення доброго екологічного стану вод, однак цей процес тривалий час блокується керівництвом Держводагенства і Мінекоресурсів України за формальними упередженими чинниками, незважаючи на науково обгрунтовані комплексні дані.

УДК 502.175:622.333

ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ҐРУНТОВЕ СЕРЕДОВИЩЕ В РАЙОНІ ВУГІЛЬНИХ ВІДВАЛІВ: НА ПРИКЛАДІ ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОГО БАСЕЙНУ

Кочмар І. М., *викладач, irynalevytska1@gmail.com,*
Карабин В.В., *д. тех. н., професор, vasyl.karabyn@gmail.com,*
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Львів, Україна

В результаті видобутку кам'яного вугілля та активної діяльності в гірничо-видобувних районах утворилися значні обсяги промислових відходів, активізувалися небезпечні геологічні процеси, підвищилися рівні забруднення компонентів екосистем. Джерелом забруднення об'єктів довкілля в цих регіонах є терикони (породні відвали), які займають значні площі родючих земель. Більшість відходів вугледобувної промисловості містять значну кількість важких металів і тому є особливо небезпечними для оточуючого середовища, а ґрунти навколо породних відвалів можуть бути забруднені різними полютантами. Для оцінки екологічного стану ґрунтів в зоні впливу породного відвалу ЦЗФ «Червоноградська» Червоноградського гірничопромислового району авторами було проведено дослідження зразків ґрунту відібраних із нижнього ярусу схилу терикону, та на відстанях 20, 40 та 100 м від породного відвалу. Результати досліджень довели, що складування порожніх порід у терикони в значній мірі вплинули на забруднення місцевих ґрунтів важкими металами, що може стати серйозною загрозою для здоров'я людини та регіональної екосистеми.

ASSESSMENT OF TECHNOLOGICAL IMPACT ON THE SOIL ENVIRONMENT IN THE AREA OF COAL DUMPS: THE CASE OF THE LVIV-VOLYN COAL BASIN

Kochmar I., *lecturer, irynalevytska1@gmail.com,*
Karabyn V., *Dr. Sci. (Eng.), professor, vasyl.karabyn@gmail.com,*
Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

As a result of coal mining and active operations in mining areas, significant amounts of industrial waste have been generated, dangerous geological processes have intensified, and pollution levels in ecosystem components have increased. The source of environmental pollution in these regions is rock dumps, which occupy significant areas of fertile land. Most waste from the coal mining industry contains significant amounts of heavy metals and is therefore particularly dangerous for the environment, and the soil around rock dumps can be contaminated with various pollutants. To assess the ecological state of soils in the area affected by the Chervonogradska Central Processing Plant's waste rock dump in the Chervonograd mining district, the authors conducted a study of soil samples taken from the lower tier of the slag heap slope and at distances of 20, 40, and 100 m from the rock dump. The results of the research proved that the storage of empty rocks in dumps significantly affected the contamination of local soils with heavy metals, which can pose a serious threat to human health and the regional ecosystem.

Вступ. Багаторічний розвиток гірничодобувного та паливно-енергетичного комплексу призвів до високого рівня техногенного навантаження в промислово розвинутих регіонах. Видобуток вугілля вимагає виїмки значних об'ємів розкривного матеріалу, який покриває вугільний пласт, та в подальшому складається у терикони – штучні насипи порожньої гірської породи. Пуста порода часто є потенційним джерелом забруднення як на етапі експлуатації, так і після етапу консервації та може бути причино екологічного дисбалансу [1-4]. Це пов'язано з тим, що відходи, котрі нагромаджуються в териконах зазнають фізичного і хімічного перетворення, у результаті частина твердих відходів розсіюється разом з токсичними елементами навколо породного відвалу по зонах, у відповідності до індивідуальної швидкості поширення речовин [5,6]. Винесення компонентів з поверхні породних відвалів сприяє переходу у розчин солей лужних та лужноземельних елементів, сульфідів, а також важких металів, таких як Ni, Cu, Pb, Cd, Zn, Fe, Mn та ін. Також до негативних процесів, ініційованих розміщенням відвалів, відносять посилення міграційної активності токсикантів, формування геохімічних аномалій, руйнування кристалічних решіток глинистих мінералів ґрунтів, засолення, пригнічення біологічної активності ґрунтів, деградацію гумусу та втрату родючості [7,8]. Таким чином розміщення відходів на значних територіях впливає на нормальне функціонування екосистем, а земля, на якій зберігаються відвали ніколи не повернеться до свого

початкового стану з точки зору екологічної функціональності та екосистемних послуг [9]. У зв'язку з цим вивчення стану ґрунту в межах впливу терикону ЦЗФ «Червоноградська», на якій збагачують кам'яне вугілля з усього Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну є актуальним завданням.

Матеріали та методи. Для дослідження та оцінки екологічного стану ґрунту нами було відібрано зразки із глибини біотично активного, гумусо-акумулятивного горизонту (0-20 см) із нижнього ярусу схилу терикону, та на відстанях 20, 40 та 100 м від об'єкта дослідження. Вибір точок відбору проб обумовлений розташування з східної сторони терикону річки Західний Буг, яка знаходиться в зоні впливу ЦЗФ «Червоноградська». Загалом було відібрано 10 проб ґрунту методом конверта, для вимірювання вмісту досліджуваних елементів зразки ґрунту готували для аналізу згідно з ДСТУ ISO 11464:2007. Вимірювання вмісту досліджуваних елементів в ґрунті проводили за допомогою рентгенофлуоресцентного аналізу за допомогою аналізатора Elvax Light SDD. Пристрій може виявляти хімічні елементи в діапазоні від ^{11}Na до ^{92}U з високою точністю (0,01%). Концентрацію досліджуваних елементів у зразках ґрунту визначали в мг/кг.

Результати дослідження та їх обговорення. Дослідження та аналіз вмісту таких важких металів як Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd та Pb на різних відстанях доцільно проводити насамперед у зв'язку з хімічним забрудненням та погіршенням якості ґрунтів в техногенно-навантажених територіях. Результати отриманих нами лабораторних досліджень стану ґрунтів в зоні впливу ЦЗФ «Червоноградська» (табл. 1) відіграють важливу роль для оцінки екологічного стану видозмінених унаслідок впливу техногенезу ландшафтів.

Таблиця 1. Межі вмісту важких металів у ґрунтах в зоні впливу ЦЗФ «Червоноградська», мг/кг

Елемент	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
Максимальне значення, мг/кг	278,07 (±97,39)	1954,12 (±78,64)	93584,17 (±379,27)	171,14 (±31,08)	199,56 (±19,97)	287,91 (±15,7)	9,67 (± 9,56)	127,32 (±10,75)
Мінімальне значення, мг/кг	49,44 (±75,22)*	40,25 (±43,58)*	27435,7 (±159,44)	11,99 (±12,86)*	16,51 (±8,11)	19,77 (± 5,89)	0 (±9,06)**	0 (±3,77)**
Середнє значення, мг/кг	160,014	858,359	57049,35	56,791	67,775	87,326	3,206	66,303
Регіональні кларки для Західного Полісся [10]	48 (23-67)	185 (75- 700)	12055 (8000-27000)	13 (9-21)	6 (1,4-17)	38 (8-61)	-	11 (8-15)
Кларки за А.П. Виноградовим [10]	200	850	38000	40	20	50	-	12

* – концентрація металу в пробі нижча визначуваного мінімуму (похибка більша значення), ** – елемент відсутній у досліджуваний пробі.

Середній вміст Mn у ґрунтотворних породах України 850 мг/кг, регіональний кларк для Західного Полісся 185 (75-700) мг/кг [10]. У досліджуваних зразках ґрунту на відстані 20 м від терикону його вміст до 10,56 раз перевищує кларк для регіону та в двох досліджуваних зразках 1,3 раз перевищує ГДК (1500 мг/кг) [11].

Вміст Ni у ґрунтотворних породах України в середньому становить 40 мг/кг, регіональний кларк для Західного Полісся – 13 (9-21) мг/кг [10], його вміст у досліджуваних зразках первищує кларк від 1,06 до 8,15 раз. З таблиці 3 чітко видно, що його вміст на відстані 20-40 м від терикону значно зростає, та на відстані 100 м досягає мінімального значення.

Середній вміст Cu у ґрунтотворних породах України – 20 мг/кг, регіональний кларк для Західного Полісся – 6 (1,4-17) мг/кг [10], вміст Cu в досліджуваних зразках перевищує кларк від 2,75 до 33,26 раз. Максимальні кількості міді спостерігаються на відстані 20 м від

терикону та до 12 разів перевищує виявлені значення на відстані 100 м. Мідь вважається одним із найбільш рухливих важких металів у гіпергенних процесах. Іони Cu можуть також легко осідати такими аніонами, як сульфід, карбонат і гідроксид. У результаті Cu – відносно малорухливий елемент у ґрунтах, та її сумарні вмісти виявляють порівняно слабкі варіації у ґрунтових профілях [12].

У ґрунтотворних породах України вміст Zn в середньому становить 50 мг/кг, регіональний кларк для Західного Полісся – 38 (8-15) мг/кг [10], його вміст в досліджуваних зразках первищує кларк до 7,57 раз. Максимальна кількість цинку виявлена на відстанях 20 м, та у 24 рази перевищує його вміст на відстані 100 м від терикону. Zn присутній у породах головним чином у вигляді простого сульфіду ZnS, а також заміщає Mg^{2+} у силікатах. При розчиненні мінералів Zn у процесі вивітрювання утворюється іон рухомий Zn^{2+}, особливо в кислих окислювальних середовищах. Однак Zn легко адсорбується як мінералами, так і органічними компонентами, тому в більшості типів ґрунтів спостерігається акумуляція в поверхневих горизонтах [12].

Вміст Pb в породах відвалу ЦЗФ «Червоноградська» знаходиться в межах 14,11-16,32 мг/кг [13] що співставимо з його вмістом у відходах шахти Візейська Червоноградського гірничо-промислового району [14]. В ґрунтотворних породах України вміст свинцю у в середньому становить 12 мг/кг, регіональний кларк для Західного Полісся – 11 (8-15) мг/кг [10], його вміст у досліджуваних зразках перевищує кларк від 2,3 до 14,12 раз та від 1,09 до 3,98 раз перевищує ГДК (32,0 мг/кг) [11]. Найбільший вміст Pb виявлено на відстані 20 м від підніжжя терикону.

Висновки. Досліджувані такі літофільні метали як Mn та Cr в умовах біосфери утворюють мінерали типу оксидів, гідрооксидів, а такі важкі метали як Cu, Zn, Pb, Cd являються халькофільними та утворюють сполуки з сульфуром, а значні концентрації сидерофільних хімічних елементів таких як Fe, Ni здатні суттєво вплинути на рівень екологічної безпеки. В ході досліджень виявлено, що такі біофільні важкі метали як Mn, Fe та Cu значно перевищують кларк для даного регіону, а надмірні їх кількості сприяють їх концентруванню в живих організмах. Також Fe, Mn, Co є рухомими відновному глейовому середовищі що також може чинити негативний вплив на довкілля в межах об'єкту дослідження.

Список використаних джерел:

1. Kochmar I.M., Karabyn V.V., Kordan V.M. Ecological and geochemical aspects of thermal effects on argillites of the Lviv-Volyn coal basin spoil tips. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 2024. № 3. P. 100–107. https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-3/100

2. Petlovanyi M., Kuzmenko O., Lozynskyi V., Popovych V., Sai K., Saik P. Review of man-made mineral formations accumulation and prospects of their developing in mining industrial regions in Ukraine. Mining of Mineral Deposits, 2019. 13. P. 24–38. DOI: 10.33271/mining13.01.024

3. Buch A. C., Niemeyer J. C., Marques E. D., Silva-Filho E. V. Ecological risk assessment of trace metals in soils affected by mine tailings. J. Hazard. Mater. 2021. 403. 123852. https://doi:10.1016/j.jhazmat.2020.123852

4. Bosak P., Popovych V., Stepova K., Dudyn R. Environmental impact and toxicological properties of mine dumps of the Lviv-Volyn coal basin. News of the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical, 2020. 2, № 440. P. 48–54. https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.30

5. Сиса Л. В., Мякуш О.Р. Хімічне забруднення ґрунтів внаслідок ерозії териконів вугільних шахт в околицях міста Червонограда. *Теоретичні та експериментальні аспекти сучасної хімії та матеріалів ТАСХ-202*0: Матеріали IV Всеукраїнської наукової конференції, 10 квітня 2020 р., м. Дніпро. Дніпро: "Середняк Т.К.", 2020. С. 139–142.

6. Kochmar I., Karabyn V. Water Extracts from Waste Rocks of the Coal Industry of Chernvonograd Mining Area (Ukraine) - Problems of Environmental Safety and Civil Protection. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2023. 24(1). P. 247–255. https://doi.org/10.12912/27197050/155209

7. Долгова Т. І. Екологічна безпека ґрунтів у гірничодобувних районах : монографія. Дніпропетровськ : НГУ, 2009. 270 с.

8. Popovych V., Stepova K., Voloshchyshyn A., Bosak P. Physico-chemical properties of soils in Lviv Volyn coal basin area. E3S Web of Conferences, 2019. Vol. 105, 02002. https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910502002

9. Управління териконами: аналітичне дослідження для підтримки заходів спрямованих на справедливу трансформацію вугільних регіонів. Центр екологічних ініціатив “Екодія”. 2024. URL: https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2024/12/analit-zvit-rekultyvacia-terykoniv2024s.pdf (дата звернення: 22.09.2025)

10. Фатєєв А. І., Пащенко Я. В. Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України. Харків: Інститут грунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського, 2003. 72 с.

11. Наказ МОЗ № 1595 від 14.07.2020 Про затвердження Гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті. Верховна Рада України: веб-сайт. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0722-20#Text (дата звернення: 22.09.2025)

12. Kabata-Pendias A., Pendias H. Trace elements in soils and plants (3th ed.). CRC Press LLC. 2001. Національна наукова сільськогосподарська бібліотека НААН України: веб-сайт. URL: http://base.dnsgb.com.ua/files/book/Agriculture/Soil/Trace-Elements-in-Soils-and-Plants.pdf (дата звернення: 22.09.2025)

13. Kochmar I., Karabyn V. Investigation of deportment of chalcophilic heavy metals in the waste rock of Central coal enrichment plant "Chervonohradska" for the purposes of environmental safety of Lviv-Volyn coal basin. Environmental Problems. 2022. Vol. 7, No. 4. P. 169–176. https://doi.org/10.23939/ep2022.04.169

14. Kochmar I., Karabyn V., Karabyn O. Lead Speciation in the Technogenesis Zone of Coal Mining Sites (Case of Vizeyska Mine of Chervonohrad Mining Area, Lviv Region, Ukraine). Pet Coal, 2022. 64 (2). P. 445–454.

УДК 502.1

ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ЗАЛІЗОРУДНОГО НАДРОКОРИСТУВАННЯ

Багрій І.Д.*[1]*, *проф., д.геол.н. bagrid@ukr.net, ORCID 0000-0001-7280-4065*
Бодюк А.В.*[2]*, *к. екон. н., с. н. с., g2030@ukr.net; ORCID 0000-0002-6200-1784,*
Ярошовець-Баранова К.А.*[1]*, *м. н .с., zigankov1927@gmail.com; ORCID 0000-0001-5885-3768,*
1 – Інститут геологічних наук НАН України, м. Київ, Україна,
2 – Науково-дослідний заклад «Ресурси», м. Київ, Україна;

Узагальнені види територіальних екологічних негативних наслідків залізорудного надрокористування, система екологічних порушень на процесах видобування залізних руд на Криворіжжі, відповідно й екологічних збитків. Тому для залізорудних надрокористувачі характерні великі суми сплачуваних екологічних податків. Екологічний податок потрібно розуміти, що по своїй суті є покарання за скиди забруднених речовин у водні об'єкти й екологічні забруднення водних ресурсів, тому потребуються офіційні його уточнення і математика обчислення.

ECOLOGICAL IMPACTS OF IRON ORE MINING

Bahrii I.*[1]*, *Dr. Sci. (Geol.), Professor, bagrid@ukr.net; ORCID 0000-0001-7280-4065*
Bodyuk A.*[2]*, *Cand. Sci. (Econ.)., senior researcher, g2030@ukr.net, ORCID 0000-0002-6200-1784,*
Yaroshovets-Baranova K.*[1]*, *Junior Researcher, zigankov1927@gmail.com; ORCID 0000-0001-5885-3768*
1 – Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine,
2 – Research institution «Resource», Kyiv, Ukraine

Generalized types of territorial environmental negative consequences of iron ore subsoil use, a system of environmental violations in the processes of iron ore mining in Kryvyi Rih, and, accordingly, environmental damage. Therefore, iron ore subsoil users are characterized by large amounts of environmental taxes paid. It should be understood that an environmental tax is essentially a penalty for the discharge of pollutants into water bodies and the environmental pollution of water resources, therefore official clarification and calculation methods are required.

Вступ. Регламентації щодо визначення й оцінювання забруднень шкідливими речовинами підземних вод, які необхідно застосовувати науковцями для розробки відповідних рекомендацій, встановлені Водним кодексом України, Кодексом України про надра, Податковим кодексом України; законами України: Про охорону навколишнього природного середовища, Про охорону земель, Про державний контроль за використанням та охороною земель та ін. [1-6].

Природоохоронна діяльність у сфері надрокористування регламентована зокрема Гірничим законом України. В ньому визначені такі основні вимоги до проведення гірничих робіт, як дотримання безпечного проведення гірничих робіт, раціональне видобування, використання корисних копалин, охорони надр.

Узагальнено види територіальних екологічних негативних наслідків залізорудного надрокористування показані на рис. 1.

З даного рисунка наочно видна надто велика системність екологічних порушень на процесах видобування залізних руд на Криворіжжі, відповідно й екологічних збитків. Тому, до речі, для залізорудного надрокористування характерні великі суми сплачуваних екологічних податків.

Мета досліджень обґрунтувати необхідність вдосконалення методики і практики визначення фіскальних зобов'язань надрокористувачів за забруднення підземних вод.

Методи досліджень: аналіз, синтез, пояснення, оцінки, узагальнення.

Результати досліджень. Розглянемо питання визначення «покарань» за забруднення водних об'єктів, зокрема підземних. Нами виділяється два види офіційно встановлених «покарань» на практиці водокористування: 1) відшкодування заподіяних забрудненням водних об'єктів збитків державі; 2) екологічний податок.



Рис.1. Види територіальних екологічних негативних наслідків залізорудного надрокористування

За затвердженою Кабінетом Міністрів України Методикою [8], визначення розміру відшкодування заподіяних забрудненням водних об'єктів державі, тобто трактується як державі. Але ж, як згадувалося, у статті 6. Власність на води (водні об'єкти) Водного кодексу України закріплено, що «Води (водні об'єкти) є виключно власністю Українського народу і надаються тільки у користування». Отже не держава є власником природних водних об'єктів, а народ. Тому в текст обчислень потрібно офіційно вводити відповідні правки щодо народної власності та територіального розміщенні водних об'єктів тобто на територіях громад.

Про масштаби і стан забруднення довкілля, включаючи наземні і підземні водні об'єкти, на Криворіжжі, зокрема в результаті розробки родовищ залізних руд, свідчать наступні метричні показники. «П'ять такого профілю діючих Криворізьких гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК) видобувають руди на 9 кар'єрах глибиною понад 300 м загальною площею близько 6 тис. га. На цих техногенних об'єктах накопичено майже 4 млрд $м^3$ промислових відходів. Ними ж зайнята площа перебільшує 12 тис. га. З них 5 тис. га знаходиться під відвалами і більше 7 тис. га – під хвостосховищами» [15, 48, 17]. Ці ГЗК дуже забруднюють навколишнє середовище міста і за містом різними видами викидів. Крім них забруднення довкілля здійснюється іншими відходами. Тому, до речі, Кривий Ріг належать до найбільш забруднених міст України. Хоча найбільші суми екологічного податку сплачує Київ.

Розглянемо офіційно визначені положення щодо справляння чинного екологічного податку за забруднення водних об'єктів.

У стаття 30. Збори за спеціальне водокористування Водного кодексу України визначено, що «Збори за спеціальне водокористування справляються з метою стимулювання раціонального використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів і включають рентну плату за спеціальне використання води та екологічний податок за скиди забруднюючих речовин у водні об'єкти, які встановлюються Податковим кодексом України». Відповідно п. 249.5. ПКУ «Суми податку, який справляється за скиди забруднюючих речовин у водні об'єкти (Пс), обчислюються платниками самостійно

щокварталу виходячи з фактичних обсягів скидів, ставок податку та коригуючих коефіцієнтів за формулою»:

$$Пс = \sum_{i=1}^{n} (Млі \times Нпі \times Кос) \qquad (1)$$

де: Млі – обсяг скиду і-тої забруднюючої речовини в тоннах (т); Нпі – ставки податку в поточному році за тонну і-того виду забруднюючої речовини у гривнях з копійками; Кос – коефіцієнт, що дорівнює 1,5 і застосовується у разі скидання забруднюючих речовин у ставки і озера (в іншому випадку коефіцієнт дорівнює 1).

Як приклад розміру екологічного податку, Приватне акціонерне підприємство «Північний гірничо-збагачувальний комбінат» (ПРАТ «ПІВНГЗК», Кривий Ріг), що займається видобутком залізних руд (07.10 Добування залізних руд), у 2020 р. мало дохід 24 063 793 000 грн, сплатило екоподатків на суму 151 674 670 грн (його Статутний капітал 579 707 000 грн), що складає 26% статутного капіталу [10].

Але ж свої особливості мають наземні водні об'єкти і підземні тобто відрізняються за рядом факторів: типом вод, їх складом, обсягами, розміщенням поверхнево територіальним і об'ємним в надрах і т. д. Отже приведену у ПКУ єдину формулу для розрахунків суми платежу не можна вважати об'єктивною. Тому нами пропонується скоригувати приведену формулу з врахуванням особливостей підземних водних об'єктів. Для цього застосуємо коефіцієнт обсягу водного об'єкта і коефіцієнт фізичних, складових і надпросторових особливостей водного об'єкта і водних ресурсів в ньому Км:

$$Пс = \sum_{i=1}^{n} (Млі \times Нпі \times Кос \times Коб \times П Км,) \qquad (2)$$

де: Коб – коефіцієнт обсягу водного об'єкта;

П – знак множення;

Км – коефіцієнт змінюється від одиниці до *м*.

Цей фактор, тобто обсягу, необхідно враховувати, оскільки при однакових масах скинутих забруднених речовин при різних об'ємах водних об'єктах забрудненість водних ресурсів буде не однаковою. У великих водних об'єктах вона може бути і допустимою, у малих – може привести до гибелі живих організмів і т. д.

Зауважимо, що у згаданій статті значиться місце розміщення відходів: в межах населених пунктів і за їх межами, якщо у межах населеного пункту застосовується коефіцієнт 3, за межами коефіцієнт 1. Але ж знов таки територіально наземні і підземні водні об'єкти і в межах населеного пункту, і за його межами по різному забруднюються однаковою кількістю забруднених речовин, шкідливі наслідки забруднень не однакові.

Отже, визначення і щодо поняття й обчислення екологічного податку потребує подальших обґрунтувань, офіційного визнання.

Статтею 110 Відповідальність за порушення водного законодавства Водного кодексу України визначено, що «Порушення водного законодавства тягне за собою дисциплінарну, адміністративну, цивільно-правову або кримінальну відповідальність згідно з законодавством України». Але на законодавчому рівні не визначена відповідальність за забруднення перед народом взагалі і територіальними органами влади за забруднення їх територій, підземних видних ресурсів і підземних порожнин.

Висновки. Отже в Україні забруднення площі територій навколо родовищ залізних руд, як і маси забруднюючих речовин, збільшуються. За масштабності потрібно виокремлювати забруднення підземних вод в результаті видобування руд та розміщення порід у відвали, як найбільш шкідливі і для сільськогосподарських угідь, наземних водних об'єктів і т. д.

Обчислення розміру відшкодування заподіяних державі збитків забрудненням підземних вод шкідливими речовинами потребує подальших коригувань з врахуванням фактору народної власності на природні ресурси взагалі. Ми вважаємо, щоб офіційно у нормативно-правових актах місцевих органів влади були враховані наступні ситуації:

1) підземні води та їх середовище належать до об’єктів народної власності, тому в методиках визначень й обчислення екологічних наслідків забруднень підземних вод та й їх підземного середовища необхідно передбачати, що збитки потрібно вивчати й оцінювати з погляду шкоди народній власності;

2) забруднені підземні води та й їх підземне середовище знаходяться локально на територіях територіальних старостівських округів, які представляють народ України;

3) відповідно до п.1, при обчисленні розміру компенсацій за забруднення необхідно визначати збитки для населення цих округів та розміри їм нарахувань і виплат;

4) місцевим органам влади необхідно організовувати компенсаційні процеси, контролювати їх виконання і результативність.

Визначення екологічного податку не відповідає визначенню поняття податку як безумовному платежу до бюджету. Екологічний податок потрібно розуміти, що по своїй суті є покарання за скиди забруднених речовин у водні об’єкти й екологічні забруднення водних ресурсів, тому потребуються його офіційні уточнення.

Список використаних джерел:

1. Водний кодекс України: Закон України від 6 червня 1995 року № 213/95-ВР (зі змін. і доповн.).

2. Кодекс України про надра: Закон України від 27 липня 1994 року № 132/94-ВР (зі змін. і доповн.).

3. Гірничий закон України від 6 жовтня 1999 року № 1127-XIV (зі змін. і доповн.).

4. Податковий кодекс України: Закон України від 2 грудня 2010 року (зі змін. і доповн.)

5. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25 червня 1991 року № 1264-XII (зі змін. і доповн.).

6. Про охорону земель: Закон України від 19 червня 2003 року № 962-IV (зі змін. і доповн.).

7. Основи економічної геології: Навч. посіб. для студ. геол. спец. вищ. навч. закл. освіти /М.М. Коржнев, В.А. Михайлов, В.С. Міщенко та ін. Київ: Логос, 2006. 223 с.

8. Методика розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів, затверджена наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України 20 липня 2009 року № 389.

9. Режим доступу: https://mepr.gov.ua/files/docs/ДНІПРОПЕТРОВСЬКА ОБЛАСТЬ.pdf.4.

10. Режим доступу: https://opendatabot.ua/c/00191023.

УДК 504.45.058

ВИРІШЕННЯ ОКРЕМИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ ЗА КОМПЛЕКСОМ ГЕОФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ НА ХВОСТОСХОВИЩАХ КАЛУСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

Багрій С.М., *gbg2020@ukr.net;* ***Кузьменко Е.Д.,*** *eduard.kuzmenko1@gmail.com;*
Чепурний І.В., *igor.chepurnyi@gmail.com****;***
Новосільський М.В., *mar.novos.ua@gmail.com;*
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
Івано-Франківськ, Україна

У доповіді представлено вирішення задачі контролю деформаційних процесів на дамбах хвостосховища №2 за комплексом геофізичних методів. За результатами досліджень встановлено наявність механічно-деформаційних процесів на різних глибинах та визначено небезпечні зони прориву тіла дамби хвостосховища №2 та ступінь її порушень та пошкоджень. Зазначені дослідження спрямовані на обґрунтування заходів щодо збереження дамби в ослаблених місцях з метою запобігання подальших деформацій та аварійних витоків розсолів із хвостосховища №2.

SOLUTION OF CERTAIN ENVIRONMENTAL PROBLEMS USING A COMPLEX OF GEOPHYSICAL METHODS AT THE TAILS STORAGES OF THE KALUSH MINING AND INDUSTRIAL COMPLEX

Bagriy S., *gbg2020@ukr.net;* ***Kuzmenko E.,*** *eduard.kuzmenko1@gmail.com;*
Chepurnyi I.*, igor.chepurnyi@gmail.com****;Novosilskyi M.,*** *mar.novos.ua@gmail.com;*
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine

The report presents the solution to the problem of monitoring deformation processes on the dams of Tailings Storage Facility No. 2 using an integrated set of geophysical methods. The research established the presence of mechanical deformation processes at different depths, identified hazardous zones of potential breakthrough in the dam body of Tailings Storage Facility No. 2, and determined the extent of its structural violations and damages. The study is aimed at substantiating protective measures for preserving the dam in weakened areas in order to prevent further deformations and emergency brine leaks from Tailings Storage Facility No. 2.

Вступ. Важливою задачею досліджень територій родовищ калійної солі Передкарпаття в постмайнінговий період є моніторинг стану джерел забруднення поверхневих і підземних вод у зоні впливу колишнього калійно-магнієвого виробництва. До джерел забруднення відносяться Домбровський кар'єр та хвостосховища. Найбільш небезпечним з гідрохімічної точки зору є хвостосховище №2, яке не є рекультивованим [1-3]. Вздовж північно-східної частини дамби на території хвостосховища №2 відбуваються деформаційні процеси, які призводять до розмиву тіла дамби, її просідання та фільтрації розсолів через її тіло, що спричиняє забруднення (засолення) навколишнього природного середовища. Низові укоси дамби в місцях виконаних привантажень піддаються водній ерозії [1-3].

Виклад основного матеріалу. Хвостосховище №2 побудоване у 1984 році. Площа 48 га, загальна ємність 9,7 млн. м^3, заповнене відходами: тверда фаза – 8 млн. м^3., рідка – 1,7 млн. м^3. Рівень розсолів на хвостосховищі № 2 протягом останніх років в межах − 327,1-327,3 м. На даний момент він «саморегулюється» за рахунок розвантаження в довкілля через тіло дамби та її борти (рис.1). При прориві дамби хвостосховища № 2 соляні розсоли можуть попасти через р. Кропивник та Сівку в Дністер, що може спричинити екологічну катастрофу міжнародного масштабу. На берегах дамби хвостосховища №2 спостерігається витік розсолів у вигляді струмків та виносів мірабіліту. Розсоли потрапляють до ґрунтово-рослинного шару а далі поглинаються гальковиком алювіального горизонту. Виніс розсолів є позитивно стабілізуючим для наповнення хвостосховища, оскільки не дає можливості переповненню розсолами тіла дамби. Проте це веде до забруднення ґрунтових вод та ослаблення бортів дамби хвостосховища №2 .



Рис. 1. Витоки розсолів на північно-східній частині дамби Хвостосховища №2

Для оцінки стану виконано такі методи дослідження, як відбір проб розсолів з хвостосховища та оточуючих його свердловин. На дамбі хвостосховища виконано топографо-геодезичні спостереження, геофізичні дослідження методом природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПІЕМПЗ) та методом георадарної зйомки (ГРЗ). Проведено виміри площ і глибин наповнення хвостосховища.

Геодезичні спостереження є вихідними (базовими) і обов'язково супроводжуються комплексом неруйнівних геофізичних методів дослідження дамб.

Фізичною основою використання геофізичних методів при впровадженні моніторингу екзогенних геологічних процесів є наявність зв'язків між геофізичними параметрами геологічного середовища з однієї сторони та її інженерно-геологічними, геокріологічними, гідрогеологічними та екологічними характеристиками – з другої сторони. При цьому під геофізичними параметрами розуміються: фізичні властивості гірських порід, що визначаються за допомогою геофізичних вимірів; особливості розподілу цих властивостей по площі і глибині; особливості просторово-часових змін фізичних властивостей порід та їх розподілу в масиві.

За результатами комплексних геофізичних досліджень, методу природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПІЕМПЗ), встановлено зони напружено-деформованого стану тіла дамби хвостосховища №2. Виявлено наявність механічно-деформаційних процесів на різних глибинах та визначено небезпечні зони можливого прориву тіла дамби хвостосховища. За даними георадарної зйомки (ГРЗ) отримано інформацію щодо геологічної структури дамби хвостосховища та інформацію щодо розущільнення гірських порід та ступеню її порушень та пошкоджень.

Виконано пошук підземних порушень та пустот. Для вирішення поставлених задач використано антени з частотними діапазонами 400, 200 та 120 МГц. Зміна частотного діапазону дозволила отримати геологічний розріз по глибині від перших

метрів до 20 метрів. Охарактеризовано теоретичне та фактичне наповнення хвостосховища з метою оцінки стану безпеки його функціонування.



Рис. 2. Результати комплексних досліджень на дамбі Хвостосховища №2 за даними ПІЕМПЗ та ГРЗ.

Висновки. Оцінка стану геологічного середовища на територіях відпрацьованих соляних родовищ є важливою складовою моніторингових досліджень через значний вплив техногенних об'єктів. Необхідними методами моніторингових досліджень небезпечних гідротехнічних споруд на відпрацьованих родовищах калійної солі в постмайнінговий період є прямі методи (гідрогеохімічні) та допоміжні (топогеодезичні та геофізичні). Отримані результати досліджень дозволять оцінити ступінь розвитку деформаційних процесів та зон розущільнення гірських порід та планувати заходи які спрямовані на забезпечення необхідних міцнісних характеристик дамби в ослаблених місцях з метою запобігання подальших деформацій та аварійних витоків розсолів із хвостосховища №2.

Список використаних джерел:

1. Звіт з інженерно-геологічних вишукувань в межах хвостосховищ дослідної фабрики та прилеглої до Домбровського кар'єру території. 2018 р.

2. Гайдін, А. М. Техногенний карст : [монографія] / А. М. Гайдін, Г. І. Рудько ; Адаменко О. М., рец. - К.-Чернівці : Букрек, 2016. - 200 с.

3. Кицмур І., Дяків В. Оцінка впливу солевідвалів та хвостостосховищ Калуш-Голинського родовища калійних солей на геохімічні характеристики річкових вод // Вісник Львівського ун-ту. Серія геол. 2013. Вип. 27. С. 69-80.

4. Kuzmenko, E. D., Bagriy, S. M. (2013). Ecological-geological monitoring of the Kalush mining region-plans and realities. 12th International Conference on Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects, Geoinformatics 2013.

УДК 622. 822: 502.53

КОНЦЕПЦІЯ «ЖЕРТОВНИХ ЗОН» ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА КОНСЕРВАЦІЇ СОЛЯНИХ РОДОВИЩ У СКЛАДНИХ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ І ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ ТА АКТИВІЗАЦІЇ НЕБЕЗПЕЧНИХ ГЕОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Дяків В.О.[1]*, к. геол. н., доцент, dyakivw@yahoo.com;*
Хевпа З.З.[2]*, к. геол. н., zenonzxv@gmail.com,*
1 – ЛНУ імені Івана Франка, ТзОВ «Інститут «ГІРХІМПРОМ», Львів, Україна,
2 – Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України, Київ, Україна

Термін «жертовні зони» при видобуванні найрізноманітніших корисних копалин використовується для позначення територій, які свідомо відводять під негативний вплив видобувних робіт. Концепція «Жертовної зони» передбачає фактичну відмову від виконання певних технічних рішень, через гірничо-геологічні, гідрогеологічні та інші причини неможливості їх реалізації. Іншими словами певні ресурси, підвищені ризики активізації небезпечних геологічних процесів, точніше заходи щодо їх попередження, жертвуються заради економічної вигоди, пришвидшеної стабілізації стану геологічного середовища. Нагальна потреба у «жертовних зонах», може виникнути несподівано, наприклад при аварійних ситуаціях, коли треба вибирати «менше зло» чи треба мати «запасний парашут» при виникненні ускладнень, неможливості реалізувати проєктні рішення та з багатьох інших причин. Саме такі ситуації мали місце на Стебницькому та ряді родовищ Калуш-Голинської групи родовищ калійних солей. При виникненні проблем з водопритоками та катастрофічною активізацією соляного карсту, підхід «жертовних зон» пропонувався застосувати до вирішення цих проблем німецькими фахівцями, які вважали, що чим швидше затопити аварійні соляні рудники, тим буде менше негативних наслідків, а усі, найбільш гострі проблеми, виникнуть у чітко прогнозованих локаціях. Ретроспективний аналіз подій, що сталися у подальшому, повністю підтвердив такий підхід. При розгляді проєктів видобутку родовищ корисних копалин, розробці органами влади документів Стратегічної екологічної оцінки (СЕО) чи суб'єктами господарювання звітів з Оцінки впливу на довкілля (ОВД) при планування видобувних робіт, повинні подаватись характеристики «жертовних зон», які де-факто широко використовуються при видобутку будь-яких корисних копалин.

THE CONCEPT OF "SACRIFIC ZONES" DURING THE OPERATION AND CONSERVATION OF SALT FIELDS IN COMPLEX MINING-GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS AND ACTIVATION OF HAZARDOUS GEOLOGICAL PROCESSES

Dyakiv V.[1]**,** *Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof.,dyakivw@yahoo.com;*
Hevpa Z.[2]*, Cand. Sci. (Geol.), zenonzxv@gmail.com,*
1 – Ivan Franko National University of Lviv, Ukraine, «Institute «GIRHIMPROM» LLC, Lviv, Ukraine,
2 – State Institution "The Institute of Environmental Geochemistry of National Academy of Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine

The term "sacrificial zones" in the extraction of various minerals is used to designate territories that are deliberately allocated under the negative impact of mining operations. The concept of "Sacrificial Zone" involves the actual refusal to implement certain technical solutions due to mining, geological, hydrogeological and other reasons for the impossibility of their implementation. In other words, certain resources, increased risks of intensification of dangerous geological processes, or rather measures to prevent them, are sacrificed for the sake of economic benefit, accelerated stabilization of the state of the geological environment. The urgent need for "sacrificial zones" may arise unexpectedly, for example, in emergency situations when it is necessary to choose the "lesser evil" or to have a "spare parachute" in case of complications, impossibility of implementing design solutions, and for many other reasons. Such situations occurred at Stebnytsky and a number of deposits of the Kalush-Golinskaya group of potassium salt deposits. When problems arose with water inflows and catastrophic activation of salt karst, the "sacrificial zones" approach was proposed to be applied to solving these problems by German specialists, who believed that the sooner the emergency salt mines were flooded, the fewer negative consequences there would be, and all the most acute problems would arise in clearly predicted locations. A retrospective analysis of the events that occurred subsequently fully confirmed this approach. When considering mineral extraction projects, when developing Strategic Environmental Assessment (SEA) documents by government agencies or when developing Environmental Impact Assessment (EIA) reports by business entities when planning mining operations, the characteristics of "sacrificial zones" must be provided, which are de facto widely used in the extraction of any minerals.

Термін «жертовні зони» при видобуванні найрізноманітніших корисних копалин використовується для позначення територій, які свідомо відводять під негативний вплив видобувних робіт, коли мають місце об'єктивні обставини, які унеможливлюють чи роблять надто дороговартісними роботи із вилучення з надр, мінімізації негативного впливу на довкілля, забезпечення техногенно-екологічної безпеки.

Концепція «Жертовної зони» передбачає фактичну відмову від виконання певних технічних рішень, через гірничо-геологічні, гідрогеологічні та інші причини неможливості їх реалізації, іншими словами певні ресурси, розвідані поклади корисних копалин, підвищені ризики активізації небезпечних геологічних процесів, точніше заходи щодо їх попередження, жертвуються заради економічної вигоди, пришвидшеної стабілізації стану геологічного середовища, адже «пожертвувана територія» (гірничий масив) повністю або частково втрачає, назавжди чи на тривалий період часу, свій мінерально-сировинний потенціал, природну та господарську цінність.

В той же час «жертовні зони» дозволяють відносно дешево та з мінімальними економічними втратами вирішити задавнені проблеми. У зв'язку із цим призначенням «жертовних зон» є забезпечення стійкості геологічного середовища, виведення персоналу із небезпечних ділянок надр, без ризиків для їх життя та здоров'я, підтримка доступу до покладів корисних копалин шляхом «жертвоприношення» проблемних ділянок, консервація розвіданих запасів для їх відробки у майбутньому, коли будуть розроблені відповідні способи, локалізоване забруднення, через неможливість його уникнення, формування постмайнінгового ландшафту.

За таких умов безумовно порушується стан довкілля – утворення проваль, значні порушення рельєфу, деградація ґрунтів, забруднення повітря та вод. Ось чому визначальним є прогноз можливих наслідків «жертвоприношення» у сенсі визначення придатності до використання постмайнінгового ландшафту, після завершення видобутку, способи рекультивації та вартість проєктів із їх реалізації, оскільки часто землі взагалі непридатні для сільського господарства, а лише для водногосподарського чи рекреаційного напрямку.

У реальному надрокористуванні та при його проєктуванні можна навести десятки та сотні прикладів застосування концепції «жертовних зон»:

- Розробка вугільних родовищ, що передбачає відробку запасів без закладки виробленого простору, обвалюванням лав та утворенням на поверхні мульд просідання, відведення ділянок під терикони, відвали, хвостосховища, відстійники шахтних вод і тому подібних об'єктів.
- Розробка рудних родовищ, що передбачає відведення ділянок під відвали, хвостосховища, відстійники, полігони промислових відходів та ін.
- Розробка родовищ будівельних матеріалів та облицювального каменю відкритим способом, що передбачає повне руйнування ґрунтово-рослинного шару, відведення поверхневих вод, відсипку зовнішніх відвалів, утворення на поверхні зон забруднення та ін.
- Розробка руслових покладів гравійно-галькових відкладів, що передбачає руйнування русел річок, руйнування оселищ гідробіонтів, забруднення та ін.
- Розробка родовищ вуглеводнів, де можуть бути розливи нафти та нафтові забруднення, засолення ґрунтів, підземних та поверхневих вод пластовими водами.

Надзвичайно важливим аспектом є управління жертовними зонами, а саме планування заздалегідь визначених територій, які можуть бути «пожертвувані», щоб зберегти інші, більш цінні, передбачення соціальних та екологічних обмежень – санітарно-захисних зон, контроль за просіданнями, забрудненням, викидами та іншими негативними впливами, а також безумовно рекультивація «жертовних зон» із їх подальшим безпечним та екологічно-спрямованим використанням – засипки негативних форм рельєфу, їх затоплення із створенням водойм, лісонасадження, технічне та біологічне відновлення земель.

Хоча усі вищеназвані характеристики «жертовних зон» широко використовуються при видобутку будь-яких корисних копали, про них зазвичай практично не говорять, особливо коли органи влади розробляють документи Стратегічної екологічної оцінки (СЕО) чи суб'єкти господарювання проходять процедуру Оцінки впливу на довкілля (ОВД) при планування видобувних робіт.

В той же час, нагальна потреба у «жертовних зонах», може виникнути несподівано, наприклад при аварійних ситуаціях, коли треба вибирати «менше зло» чи треба мати «запасний парашут» при виникненні ускладнень, неможливості реалізувати проєктні рішення та з багатьох інших причин.

Саме такі ситуації мали місце на Стебницькому та ряді родовищ Калуш-Голинської групи родовищ калійних солей, які тривалий період часу розроблялися. При виникненні проблем з водопритоками та катастрофічною активізацією соляного карсту, підхід «жертовних зон» пропонувався застосувати до вирішення цих проблем німецькими фахівцями, які вважали, що чим швидше затопити аварійні соляні рудники, тим буде менше негативних наслідків, а усі, найбільш гострі проблеми, виникнуть у чітко прогнозованих локаціях.

Такий підхід не був підтриманий у вигляді погоджених технічних рішень, тим більше не були запроєктований, але ти не менше, наш ретроспективний аналіз усіх подій за останні 25 років, показує, що реальні «жертовні зони» були фактично реалізовані, і цей безцінний досвід, треба враховувати при розробці майбутніх проєктів з видобування соляних мінеральних ресурсів.

В межах Передкарпатського прогину, що простягається по території України смугою довжиною 230 км і шириною 25-60 км від Польщі до Румунії розвідано понад 20 родовищ калійних руд: Велико-Білинське, Бориславське, Стебницьке, Помірецьке, Доброгостівське, Уличнянське, Довголуківське, Гірненське, Нинів-Смолянецьке, Моршин-Лисовицьке – на території Львівської області, Тростянецьке, Велико-Турське, Калуш-Голинське, Дзвиняч-Старунське – на території Івано-Франківської області. Ще у XIX столітті, почали розроблятися Стебницьке та Калуш-Голинське родовища: спочатку як поклади кам'яної солі, методом підземного вилуговування, отримання концентрованої соляної ропи, її відпомповування на поверхню після відстоювання для осадження нерозчинного осаду та продукування виварювальної солі. Розвідувально-прохідницькі та гірничо-видобувні роботи і історичних копальнях «Стебник» (нині рудник № 1 Стебницького ГХП «Полімінерал») та «Калуш», в обидвох випадках призвели до виявлення покладів калійно-магнієвих солей та їх видобутку протягом XX століття [1].

Прохідницькі та видобувні роботи на Стебницькому та Калуш-Голинському родовищах проходили у дуже складних гідрогеологічних умовах і як наслідок перші дані про водопрояви в підземних виробітках відносяться до 1924-1929 рр., коли на руднику № 1, у квершлагу біля пласта № 2 на 1 горизонті, було виявлено потенційно-небезпечний водоприток, що становив загрозу прориву надсолевих вод в підземні виробітки. Однак з часом течія перейшла в незначний капіж, з який утворились сталактити. За хімічним станом цих сталактитів було зроблено висновок, що розсоли які височуються відносяться до реліктових та не пов'язані із зоною активного водообміну і відповідно не становлять загрози. Таким чином, перший офіційно зареєстрований розсолопрояв дійсно був пов'язаний з розкриттям розсолів седиментаційного типу.

Поштовхом до систематичного вивчення розсолопроявів в підземних виробітках слугувало розкриття в квершлагу 4/1 на руднику №1 першого великого водопритоку, що представляв реальну загрозу. Течія з дебітом 23 $м^3$/добу була розкрита в кінці грудня 1952 р. В 1954 р. В.Ф. Захаровим була складена доповідна записка про причини утворення цього водопритоку, якою давалась спроба гідрогеологічної характеристики водопроявів в руднику. Вже в цей час цілком правильно трактувались причини виникнення великого витоку, пов'язані з розкриттям високомінералізованих вод із зони соляного дзеркала. З часом кількість небезпечних водопритоків збільшилось і проблема боротьби з ними стала

надзвичайно актуальною. Зокрема було встановлено, що входження розвідувальних виробок у теригенні відклади стебницької світи, зазвичай супроводжувались водопритоками, як так само можуть бути небезпечними. Так само було остаточно встановлено, що контакт підошви ГГШ з соленосною товщею в тій чи іншій мірі обводнений і входження у приконтактову зону загрожує активізації водопритоків.

На підставі системних гідрогеологічних досліджень виявлених каптажів, усі водопритоки були розділені на «контактні» і «внутрісольові» та зроблений висновок про те, що останні не представляють небезпеки для соляних копалень. За хімічним складом внутрішньосольові ропи були поділені на сульфатні, хлоридні і змішані (за класифікацією Валяшко). Найбільша загроза виникла у гірничих виробках верхніх горизонтів рудників тоді, коли мав місце водопритік з карстового водоносного горизонту із соляного "дзеркала", що гідравлічно зв'язане з водоносним горизонтом четвертинних відкладів («контактні витоки»). Тоді джерелом живлення є атмосферні опади та гідрологічні об’єкти (річки, ставки, озера та водосховища). В зв'язку з низькою мінералізацією, надсолеві води водоносних горизонтів ГГШ і четвертинних відкладів є агресивними до соленосних порід.

Аналогічні проблеми із водопритоками для соляних копалень були зафіксовані у руднику № 2 у Стебнику, шахтах «Калуш», «Голинь» та «Ново-Голинь» в межах Калуш-Голинського родовища та на копальнях Солотвинського родовища кам’яної солі: притік вод у соляних копальнях із зростаючим дебетом та агресивністю – пряма загроза для неконтрольованого розвитку соляного карсту, активізації провалоутворення і врешті-решт втрати гірничого об’єкту.

Враховуючи ці обставини, захист соляних шахт від контактних водопритоків, традиційно здійснюється шляхом залишення водозахисної стелини потужністю від 20 до 60 м і навіть до 100 м та навіть 250 м (шахта № 9 в межах Солотвинського родовища). Навколо розвідувальних свердловин, пробурених з поверхні та стовбурів копалень, так само встановлюється водозахисний цілик радіусом не менше 50 м. Такі підходи є високоефективними, але на жаль, не завжди гарантують відсутність водопритоків чи їх «раптову» появу.

В більшості випадків небезпечні витоки проявлялися при прохідницьких роботах, коли гірничі виробки безпосередньо входили в обводнені зони: товщу ГГШ, ділянки з різким коливанням контактів порід, тектонічних порушень, «мидлярок» та інші джерела водопритоків. Якщо це відбувається у штреках, квершлагах, ортах, то вживаються міри по ліквідації небезпечних водопроявів, зокрема побудові гідроізоляційних перемичок, у вигляді бетонних корків – конструкції, яка є єдиним надійним методом ліквідації витоків. Завдяки побудові таких споруд на руднику №1 в місцях аварійних проривів надсолевих вод в штреку 43/пром., квершлагу 1/вент, квершлагу 99/вент та похилі 19/1-вент, на сьогоднішній день цей гірничий об’єкт залишається функціональним та придатним для експлуатації як видобувного, геотуристичного та спелеотерапевтичного об’єкту, хоч і перебуває у стані сухої консервації. Побудовані на руднику № 1 гідроізоляційні перемички є надійним захистом від водопритоків, розвитку техногенно-активізованого карсту та забезпечують його безаварійне функціонування уже десятки років.

Зовсім інша гідрогеологічна ситуація склалася на руднику № 2, де просочування води із зони соляного дзеркала сталося не у штреки чи квершлаги, де можна швидко побудувати гідроізоляційні перемичка, а у видобувну камеру № 115/1-вент., куди 23 жовтня 1978 р. розпочався капіж, який трансформувався у зростаючий водопритік, що призвів до аварійного стану рудника № 2. До вирішення проблеми були використані найрізноманітніші заходи: тампонування карстових каналів, перехоплення водопритоків дренажним горизонтом, облаштування зумпфів та побудова перемичок, але водопритік тільки зростав [2].

Попередні прогнози оцінювали наслідки водопритоку катастрофічними наслідками розвитку соляного карсту, аж до руйнівного техногенного землетрусу. Для його недопущення був розроблений проєкт консервації рудника, який з об’єктивних причин не

був виконаний у відповідності до передбаченої реалізації технічних рішень. Це у свою чергу спонукало вибрати варіант визначення місць скидів агресивних дренажних вод у відповідності до концепції так званих «жертовних зон» [3].

Під «жертовною зоною» розуміють ділянку соленосних надр із пройденими гірничими виробками, де достатній запас міцності міжкамерних циліків, де на поверхні немає відповідальних адміністративних споруд, житлових будинків, автодоріг, залізниць, відсутні гідрологічні об'єкти (річки, озера), немає цінних лісових масивів. Коли такі ділянки знайдені, то в них організовується скид з перехоплених водопритоків агресивних вод, подібно до того, як це було організовано на руднику № 2 ГХП «Полімінерал» із двома «жертовними зонами» - камерами № 110 та № 128 на пласті 10 Пд-Сх (рис.1).

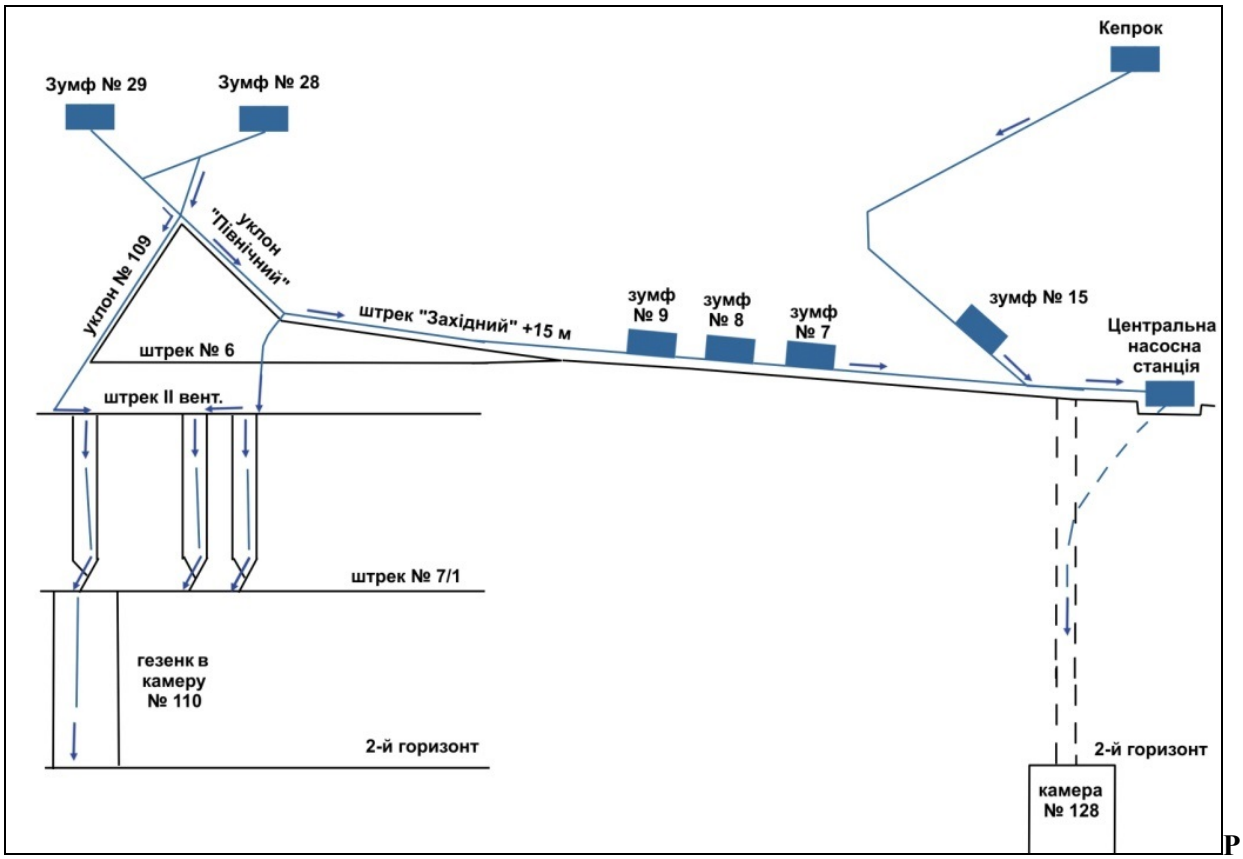
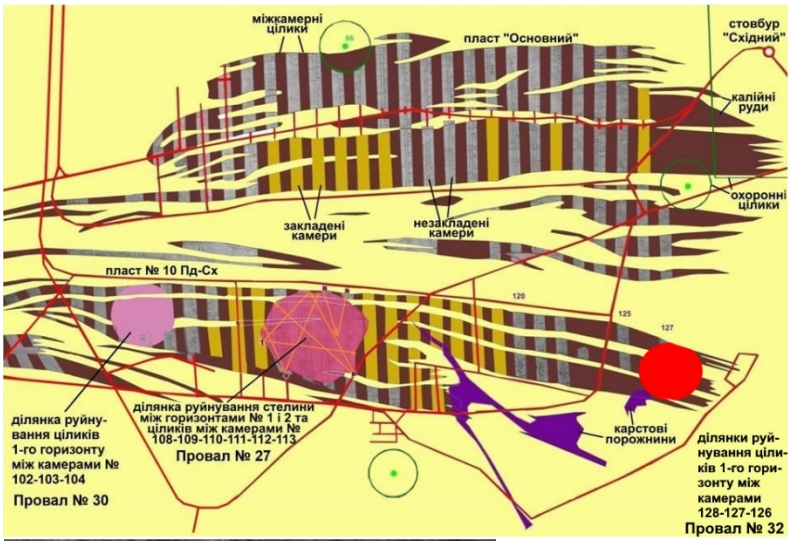


Рис. 1. Дві «жертовні зони»: камери № 110 та № 128 на пласті 10 Пд-Сх, у які згідно схеми перехоплення карстових вод на дренажному горизонті, через систему зумпфів розсолозбірників на 2-й горизонт перенаправляли зібрані агресивні води

Процеси дезінтеграції циліків моделювались методами експериментального та матеріально-балансового моделювання, вівся постійний гідрогеологічний моніторинг, що дозволило спрогнозувати найбільший карстовий провал № 27, за 2,5 роки до його утворення і який стався 30 вересня 2017 року та супроводжувався техногенним землетрусом із центром над камерою № 110. Провал № 30, який стався 15 березня 2020 року, був по суті сателітним провалом, оскільки агресивні води почали підрізати цілики між камерами102-103-104.

Дуже специфічним є провал № 32, який стався в останній «жертовній зоні» - над камерою № 128 через 4,5 роки після повного затоплення рудника № 2, але як показує його утворення, навіть через досить тривалий період, після підрізання циліків і видимої стабільності поверхні, за умови відсутності опор – міжкамерних циліків у склепінні стійкої рівноваги ширшому за 50 м (мінімум три камери по 15 м та два цілики по 12 м), поверхня навіть у затопленому стані, провалюється (рис.2).



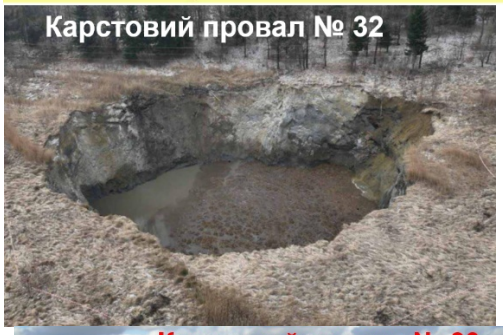






Рис. 2. Локалізація найбільших карстових провалів на плані гірничих робіт: № 27, № 30 та № 32 на пласті № 10 Пд-Сх рудника № 2 Стебницького ГХП «Полімінерал» у «жертовних зонах» та їхні світлини станом на 2025 рік

На основі проведених досліджень, можна зробити низку важливих висновків:

1. Розробка покладів калійних руд у складних гідрогеологічних умовах несе у собі ризики появи водопритоків, зростання їх дебету та агресивності, розвитку соляного карсту, у тому числі за катастрофічним сценарієм, виникнення аварійних ситуацій, які потрібно детально вивчати, моніторити та прогнозувати.

2. В умовах строкатого мінерального складу, із відмінними співвідношеннями солей різної розчинності, водопритоки можуть тривати десятки років і з ними можна успішно боротися будуючи гідроізоляційні перемички, перехоплюючі зумпфі, дренажні гірничі виробки, осушуючи гірничі виробки та ліквідовуючи карстові прояви на поверхні до максимально повного видобування розвіданих запасів.

3. У випадку неможливості збереження копальні, в її межах необхідно виділити мінімум дві, а бажано три або навіть чотири «жертовні зони» – ділянки надр у соленосних відкладах із пройденими гірничими виробками, де достатній запас міцності міжкамерних циліків, де на поверхні немає відповідальних адміністративних споруд, житлових будинків, автодоріг, залізниць, відсутні гідрологічні об'єкти (річки, озера), немає цінних лісових масивів, де будуть утворюватись прогнозовані провали, що не створять проблем для людей.

4. Вважаємо, що при розгляді проєктів видобутку родовищ корисних копалин, розробці органами влади документів Стратегічної екологічної оцінки (СЕО) чи суб'єктами господарювання звітів з Оцінки впливу на довкілля (ОВД) при планування видобувних робіт, повинні подаватись характеристики «жертовних зон» які де-факто широко використовуються при видобутку будь-яких корисних копалин.

Список використаних джерел:

1. Гайдін А.М. Геодинамічні процеси на соляних родовищах // А.М.Гайдін, В.О. Дяків / Матеріали. Міжнародної науково-практичної конференції «Форум гірників 2010». 21-23 жовтня 2010 р. – Дніпро, 2010. – С.23-41.

2. Дяків В. Еволюція постмайнінгових змін гідрогеологічних умов у зоні впливу найбільших карстових провалів у межах Стебницького родовища калійних солей / В. Дяків, З. Хевпа, О.Огірчак // Вісник Львівського університету. Серія геологічна. 2024. Вип. 38. С. 94-115. Режим доступу в мережі Internet: https://journals.lnu.lviv.ua/index.php/geology/article/view/401/376

3. Holifield R. A framework for a critical physical geography of 'sacrifice zones': Physical landscapes and discursive spaces of frac sand mining in western Wisconsin // R. Holifield, M. Day / Geoforum, Vol. 85, October 2017, P. 269-279. Режим доступу в мережі Internet: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016718517302348

UDC 504.06:553.94(477))

MODERN APPROACHES TO MINIMIZING NEGATIVE CONSEQUENCES AFTER THE CLOSURE OF SULFUR MINING ENTERPRISES

Dzhumelia E., *PhD, elviradzhumelia@gmail.com,*
Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

The closure of sulfur mining enterprises in Ukraine, such as Rozdil or Yavoriv, leads to the formation of man-made landscapes with a high risk of environmental pollution: acid drainage, soil erosion, groundwater pollution by sulfur-containing compounds and heavy metals. Modern approaches to minimizing negative consequences focus on comprehensive reclamation, including physicochemical stabilization of waste, phytoremediation, hydrological control and integration of renewable energy sources. The study is based on the analysis of international experience and Ukrainian practices, using geochemical monitoring methods. The results show that isolation barriers reduce the acidity of wastewater by 70-80%, and phytoremediation contributes to the restoration of biodiversity. The discussion highlights the economic prospects of investing in green technologies, with the potential for return on investment through the creation of recreational areas and energy facilities. The conclusions offer recommendations for state policy in the field of subsoil use aimed at sustainable development.

Introduction

The sulfur mining industry in Ukraine has left a significant environmental footprint, in particular due to the closure of facilities such as the Rozdil and Yavoriv sulfur plants. These areas are characterized by disturbed landscapes: quarries, flotation tailings dumps and phosphogypsum storages, which are sources of acid mineral drainage (AMD), erosion, water pollution by sulfates and heavy metals (arsenic, cadmium). Such conditions pose a threat to ecosystems, public health and economic development of regions.

Modern approaches to reclamation are based on the principles of sustainable development provided for by the European Green Deal and national strategies of Ukraine. They combine technical, biological and economic measures to stabilize territories, isolate waste and restore ecosystems. The study aims to assess the effectiveness of such approaches and their investment potential in the context of environmental problems of subsoil use, drawing on Ukrainian and international experience.

Research Methods

The study was conducted using a combination of analytical methods. First, literary sources and reports on the reclamation of sulfur enterprises in Ukraine (in particular, from the databases of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine) and abroad (Poland, Germany, USA) were analyzed. Data on the geochemical composition were used: soil and water samples from former sulfur quarries were analyzed for the content of sulfates, pH, heavy metals (in particular, arsenic, cadmium, lead).

Results and Discussion

As a result of the analyzed literature [1-13], physicochemical, biological and hydrological approaches to reclamation were identified.

For AMD caused by oxidation of sulfides (FeS_2), neutralization with lime or alkaline materials is used, reducing acidity (pH 2-4 to 6-7) and metal mobility. In the Yavoriv quarry, where sulfur content exceeds background, waste isolation with clay layers and geomembranes is used, reducing permeability by 90%. Analysis of contaminants in Rozdil showed high levels of Sr, Cr, Pb Zc, with accumulation in soil horizons (Cc >1).

Phytoremediation with Arbuscular Mycorrhizal Fungi increases plant survival, growth (2.7 times) and nutrient accumulation (N, P, K). Pinus sylvestris, Betula pendula, Quercus robur are planted in Yavoriv, restoring 86 plant species. Natural succession forms stable phytocenoses in 25 years, with eutrophic species. Micromycetes (Oidiodendron, Penicillium) reorganize the microbiota, improving fertility.

Artificial wetlands purify wastewater by 60–70%, preventing river pollution. Integration of renewable energy (solar panels) on degraded areas shows a positive Net Present Value (NPV).

The results of the literature review indicate that biological remediation methods, in particular using AMF and phytoremediation, are the most promising for Ukrainian sulfur mining sites due to their economic accessibility and environmental efficiency. For example, compared to physicochemical approaches that require significant investments in materials (lime, geomembranes), biological methods reduce costs by 30–50% due to natural processes, as shown in experiments at the Yavoriv deposit. However, the literature highlights challenges: the lack of funding and regulatory support in Ukraine leads to slow implementation, in contrast to international experience (e.g. in South Africa or Europe), where government grants and EU programs accelerate remediation. In addition, the integration of renewable energy not only minimizes environmental risks, but also creates economic opportunities, with the potential for a return on investment in 5–7 years, as calculated by NPV. The discussion also touches on social aspects: the creation of green jobs in reclamation can contribute to the recovery of regions, especially in the post-war context of Ukraine. Overall, the literature recommends a comprehensive approach with monitoring to adapt to local conditions, with an emphasis on public policies to attract investment.

Conclusions

Modern approaches to the reclamation of sulfur mining enterprises, including waste isolation, phytoremediation, hydrological control and the use of renewable energy, are effective in minimizing environmental risks. They contribute to the restoration of ecosystems and create economic opportunities through recreational areas and energy projects.

It is recommended to develop a national reclamation program with the involvement of private investors and international support to ensure sustainable development in the subsoil use sector of Ukraine.

References

1. Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. (2022). Annual Report on the State of the Environment in Ukraine. Kyiv: Ministry of Environment.
2. Pohrebennyk, V., Koszelnik, P., Mitryasova, O., Dzhumelia, E., Zdeb, M. (2019). Environmental Monitoring of Soils of Post-Industrial Mining Areas. Journal of Ecological Engineering, 20(9), 53-61. https://doi.org/10.12911/22998993/112342
3. Alloway, B. J. (Ed.). (2013). Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability. Springer. 624 p.
4. European Commission. (2019). EU Guidance on the Remediation of Contaminated Sites. Brussels: Publications Office of the European Union.
5. European Environment Agency (EEA). (2022). Progress in the management of contaminated sites in Europe. Copenhagen: EEA Publications.
6. Baloyi, J., Ramdhani, N., Mbhele, R., & Ramutshatsha-Makhwedzha, D. (2023). Recent Progress on Acid Mine Drainage Technological Trends in South Africa: Prevention, Treatment, and Resource Recovery. Water, 15(21), 3453.
7. Pohrebennyk, V., Dzhumelia, E. (2021). Methods of Soils Pollution Spread Analysis: Case Study of Mining and Chemical Enterprise in Lviv Region (Ukraine). Ecological Engineering & Environmental Technology, 22(4), 39-44. https://doi.org/10.12912/27197050/137872
8. Dychkovskyi, R., Saik, P., Sala, D., Caceres Cabana, E. (2024). The current state of the non-ore mineral deposits mining in the concept of the Ukraine reconstruction in the post-war period. Mineral Economics, 36, 1–15.
9. Kopiy, M., Nijnik, A., Kopiy, S., Kopiy, L., Nijnik, M., Presner, R., Fizyk, I., Agij, V., & Zholobchuk, I. (2020). Forest restoration on the former industrial land of Sulphur quarry in the Ukrainian Roztochya. *REFORESTA*, *6*, 15-30.
10. Shu, C., Ruda, M., Dzhumelia, E., Shybanova, A., Kochan, O., & Levkiv, M. (2023). Restoring Soil Cover and Plant Communities with Arbuscular Mycorrhizal Fungi as an Essential

Component of DSS for Environmental Safety Management in Post-Industrial Landscapes. *Agronomy*, *13*(5), 1346.

11. U.S. Environmental Protection Agency. (1994). Technical Document: Acid Mine Drainage Prediction. EPA 530-R-94-036.

12. Mokryi, V., Petrushka, I., Dyakiv, V., Dzhumelia, E., Salamon, I. (2023). Information Supply of Hydrotechnical Reconstruction Concept of Stebnyk Tailings Storage (Ukraine). Ecological Engineering & Environmental Technology, 24(2), 120-130. https://doi.org/10.12912/27197050/156977

13. Otunola, B.O., Mhangara, P. (2024). Global advancements in the management and treatment of acid mine drainage. Appl Water Sci 14, 204.

УДК 504.062

ПИТАННЯ ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ РОЗРОБЦІ ДУБОВЕЦЬКОГО РОДОВИЩА ВАПНЯКІВ

Палійчук О.В., *к. техн. н., доцент, lesia.paliichuk@nung.edu.ua;*
Медвідь М.І., *асистент, mariana.medvid@nung.edu.ua;*
Гоптарьова Н.В., *к. геол. н., доцент, nataliia.hoptareva@nung.edu.ua;*
Уграк Л.В., *асистент, lina.uhrak@nung.edu.ua;*
Уграк Т.А., *аспірант, taras.uhrak@gmail.com;*
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна

В роботі викладені результати оцінки стану навколишнього середовища при видобутку вапняків Дубовецького родовища в Галицькому районі Івано-Франківської області за результатами експлуатаційної розвідки та дорозвідки, а також за матеріалами минулих геологорозвідувальних робіт в межах ділянки надр. Під час геологорозвідувальних робіт проводились: хімічний аналіз проб, фізико-механічні дослідження, хімічний аналіз води. Проводилася детальна літологічна характеристика керну.

ENVIRONMENTAL PROTECTION ISSUES DURING THE DEVELOPMENT OF THE DUBOVETS LIMESTONE DEPOSIT

Paliychuk O., *Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Prof, lesia.paliichuk@nung.edu.ua;*
Medvid M., *Assistant, mariana.medvid@nung.edu.ua,*
Goptarova N., *Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof, nataliia.hoptareva@nung.edu.ua;*
Uhrak L., *Assistant, lina.uhrak@nung.edu.ua;*
Uhrak T., *Postgraduate Student, taras.uhrak@gmail.com;*
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine

The paper presents the results of an environmental assessment during limestone extraction at the Dubovets deposit located in the Halych district of Ivano-Frankivsk region. The assessment was based on data obtained from operational exploration, additional exploration, as well as materials from previous geological surveys within the subsoil area. During the geological exploration works, chemical analysis of samples, physico-mechanical studies, and chemical analysis of water were carried out. A detailed lithological description of the core was also performed.

Сучасний етап розвитку мінерально-сировинної бази України супроводжується зростанням обсягів видобутку корисних копалин, що зумовлює необхідність детального вивчення екологічних наслідків гірничих робіт. Особливу увагу привертають родовища будівельних матеріалів, зокрема вапняків, які є основною сировиною для цементної та вапнякової промисловості. Водночас процес їх видобутку нерозривно пов’язаний із зміною геологічного середовища, впливом на ґрунти, водні ресурси та ландшафт.

Дубовецьке родовище вапняків, розташоване в Галицькому районі Івано-Франківської області, є важливим джерелом сировини для будівельної галузі регіону (Рис. 1). Проведення геологорозвідувальних та експлуатаційних робіт на цій ділянці потребує комплексної оцінки стану навколишнього середовища, що дозволяє визначити масштаби антропогенного навантаження та виробити рекомендації щодо його мінімізації.

Вивчення екологічних аспектів розробки родовищ корисних копалин є актуальним завданням сучасної геології та гірничої справи, адже воно спрямоване не лише на ефективне використання мінерально-сировинних ресурсів, але й на збереження природного балансу території.

У геологічній будові Дубовецького родовища беруть участь четвертинні, неогенові і крейдяні відклади [1]. В процесі геологорозвідувальних робіт на площі родовища пробурено 16 розвідувальних свердловин глибиною від 42,0 до 85,0 м (загальний обсяг 1015,0 м). Всі свердловини опробувались та увійшли в підрахунок запасів.

Для визначення якісної характеристики корисної копалини відібрано 91 рядову пробу на хімічний та мінералогічний аналіз і 4 проби на радіаційно-гігієнічну оцінку [2].

До корисної копалини на родовищі віднесено світло-сірі органогенно-уламкові дрібнодетритові вапняки дубовецької світи туронсько-кон'якського ярусу

верхньокрейдяного віку. Потужність вапняків змінюється в межах від 9,0 до 65,7 м (середня 28,4 м).



Рис. 1. Вигляд на кар'єр Дубовецького родовища

Геологія Дубовецького родовища характеризується відносно простою будовою. В межах родовища прояви складчастої або диз'юнктивної тектоніки не виявлені. Залягання вапняків наближене до горизонтального, місцями із слабким нахилом (3-5°) в північно-східному напрямку.

У геологічній будові родовища в межах глибин, розкритих розвідувальними свердловинами, беруть участь четвертинні, неогенові та крейдяні відклади (Табл. 1).

Таблиця 1. Зведений геологічний розріз Дубовецького родовища

Вік	Назва гірських порід	Потужність, м		
		від	до	середня
*t*H	Техногенні відклади	7,5	10,8	9,5
*e*H	Ґрунтово-рослинний шар	0,2	1,5	0,6
vd,e P_{II-III}	Суглинок сіро-жовтий, піскуватий, слабо пластичний з прошарками і гніздами піску	1,4	25,6	7,5
vdP_{II}	Глина	1,0	17,0	9,2
aP_{I}	Пісок, супісок	1,5	4,7	2,8
K_2*db*$_2$	Мергель бурувато-сірий, блакитно-сірий, тріщинуватий, іноді з прошарками глини	0,5	65,1	20,0
K_2*db*$_1$	Вапняк мергелистий, вивітрений, з характерною плитчастою відокремленістю, тріщинуватий	2,5	8,0	5,0
K_2*db*$_1$	Вапняк світло-сірий до білого, масивний, монолітний	2,3	100,3	34,1*

* – *розкрита потужність*

Корисна копалина родовища і готова продукція відносяться до I класу будівельних матеріалів і можуть використовуватись для всіх видів будівництва без обмежень згідно з ДБН В.1.4-1.01.97 "Регламентовані радіаційні параметри, допустимі рівні" [3].

Гідрогеологічні та гірничо-геологічні умови родовища сприятливі для його розробки відкритим способом за транспортною схемою і зовнішнім та внутрішнім відвалоутворенням.

Гірничі роботи при експлуатації родовищ корисних копалин впливають на навколишнє природне середовище. До таких впливів відносяться: порушення природного рельєфу поверхні;

виникнення пилоутворення в місцях навантаження і перевезенні гірничої маси і при бурових роботах; працюючі механізми, вибухові роботи є джерелами шуму; при масових вибухах на кар'єрі виникають залпові викиди пилу і газу від вибухових речовин і підірваної маси; при роботі механізмів з двигунами внутрішнього згоряння виділяються токсичні гази; при роботі кар'єрного водовідливу здійснюється скидання води за межі кар'єрного поля [4].

За довготривалий термін промислової розробки Дубовецького родовища розроблено комплекс заходів щодо зменшення навантаження гірничих робіт на навколишнє середовище. Під час гірничих робіт зсуви ґрунтів не спостерігались.

В процесі розкривних робіт окремо здійснюється зняття і складування ґрунтово-рослинного шару, пухких і скельних порід. На стадії завершення видобутку корисних копалин здійснюється гірничотехнічна рекультивація з пошаровим заповненням відпрацьованого простору розкривними породами з кінцевим нанесенням ґрунтово-рослинного шару для біологічної рекультивації і відновлення земель, порушених гірничими роботами.

Для запобігання забруднення водоносних горизонтів здійснюються випереджувальні водопонижуючі заходи з формуванням системи нагорних, прибортових і водозабірних канав, облаштованих зумпфами-відстійниками і водовідкачуючими насосами.

В посушливий період гірничі роботи супроводжуються систематичними пилеподавлюючими заходами із застосуванням зрошувальної автотехніки. Застосування технічно справного обладнання та індивідуальних засобів захисту (протишумові навушники, спецодяг) сприяє зменшенню та впливу виробничих шумів. Кар'єрний транспорт з двигунами внутрішнього згоряння облаштовується нейтралізаторами вихлопних газів.

Згідно проекту розробки і рекультивації викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря і водне середовище спостерігаються в межах допустимих норм і концентрацій.

Експлуатація кар'єра проводиться з дотриманням необхідних умов, що забезпечують безпеку життя і здоров'я людей, охорону атмосферного повітря, земель, рослинності та інших об'єктів навколишнього природного середовища.

Дотримання вимог охорони надр і навколишнього середовища, правил безпеки експлуатації га гігієни праці дає можливість вважати розробку кар'єру безпечною, як для працівників гірничого цеху так і жителів поблизу розташованих населених пунктів.

За складністю геологічної будови Дубовецьке родовище вапняків віднесене до таких, що характеризується простою геологічною будовою (1 група) відповідно до Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр [2].

Експлуатація родовища не спричинить наднормативної шкоди навколишньому природному середовищу. Геологічна будова Дубовецького родовища, умови залягання і якість корисної копалини вивчені в достатній мірі, матеріали геолого-економічної оцінки запасів містять необхідну інформацію для подальшої експлуатації родовища та подальшого геологічного вивчення.

Список використаних джерел:

1. Ващенко В. Геологічна будова і корисні копалини території аркуша M-35-XXV (Івано-Франківськ), 2005 р.

2. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр, затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 05.05.1997 № 432.

3. Методичні вказівки з екологічного обґрунтування кондицій на мінеральну сировину (нафту та газ, тверді корисні копалини, підземні води), 2007 р.

4. Методичні рекомендації з проведення гідрогеологічних, інженерно-геологічних та еколого-геологічних вишукувань в процесі розвідки родовищ твердих корисних копалин – Київ: Державна геологічна служба, Північне державне регіональне геологічне підприємство «Північгеологія», 2007 р.

УДК 551.432

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ТВЕРДИМИ ВУГЛЕВОДНЯМИ ҐРУНТІВ СТАРУНСЬКОГО ГЕОДИНАМІЧНОГО ПОЛІГОНУ

***Омельченко В.Г.*[1]**, *к. геол. н., доцент, ovgeo@nung.edu.ua;*
***Косаковскі Павел*[2]**, *доктор наук, професор AGH, kosak@agh.edu.pl;*
1 – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна
2 – Краківська Гірничо-металургійна Академія ім. Станіслава Сташиця, м. Краків, Республіка Польща

Розглянуто результати дослідження забруднення ґрунтів твердими вуглеводнями, як результат нафтовидобувної діяльності у минулому столітті. Результати досліджень свідчать про забруднення твердими вуглеводнями ґрунтів на ділянках промислового видобутку нафти та озокериту, а також на території постійно діючого грязьового вулкану.

RESULTS OF SOLID HYDROCARBON CONTAMINATION IN THE SOILS OF THE STARUN GEODYNAMIC POLYGON

***Omelchenko V.*[1]**, *Cand. Sci. (Geol.), Associate Professor, ovgeo@nung.edu.ua;*
***Kosakowski Paweł*[2]**, *Dr hab. inż., prof. AGH, kosak@agh.edu.pl;*
1 – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine,
2 – AGH University of Krakow, Krakow, Poland

The results of the study of soil contamination by solid hydrocarbons as a result of oil production activities in the last century are considered. The results of the studies indicate contamination of soils by solid hydrocarbons in areas of industrial oil and ozokerite production, as well as in the territory of a constantly active mud volcano.

Літогеохімічне опробування ґрунтового покриву та елювію гірничих відвалів на Старунському геодинамічному полігоні та аналіз проб на забруднення нафтопродуктами проводиться час від часу і не носить систематичного характеру. Тому дослідження стану ґрунтового покриву тут слід проводити постійно, адже із грязьового вулкану, з його жерл, свердловини Надія-1 та затоплених штолень шахт видобутку озокериту постійно виділяється нафта, газ та грязьові потоки.

У доповіді наводиться аналіз результатів дослідження забруднення території Старунського полігону твердими вуглеводнями. Лабораторні дослідження проб ґрунту проводились у газогеохімічній лабораторії факультету геології, геофізики та охорони навколишнього середовища Краківської Гірничо-металургійної Академії імені Станіслава Сташиця (Республіка Польща). Дослідження проводились у 2025 році. Автори виражають велику подяку керівникам Вишеградської стипендіальної програми 2025 за фінансову підтримку та можливість короткострокової індивідуальної мобільності, що дозволило якісно провести лабораторні дослідження на сучасному лабораторному обладнанні.

Із аналізу результатів досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Результати проведених геолого-геохімічних досліджень на ділянці Старунського геодинамічного полігону вказують на забрудненість приповерхневих ґрунтів твердими вуглеводнями.

2. Значних концентрацій вмісту твердих вуглеводнів у ґрунтах не спостерігається, але у окремих пробах виявлено концентрацію, яка перевищує допустиму норму у декілька разів. Це стосується проб, які відібрані ближче до свердловини Надія-1 та грязьових вулканів.

3. Забруднення території Старунського геодинамічного полігону відбувається до тепер. Для ліквідації подальшого забруднення території, необхідно провести комплекс природоохоронних заходів із забезпечення контролю за виходом нафтопродуктів із свердловин та жерл грязьового вулкану на денну поверхню необхідно передбачити профілактичні заходи з нейтралізації забруднень ґрунтового покриву та елювію техногенних відвалів нафтопродуктами.

УДК 551.432

ХАРАКТЕКРИСТИКА ҐРУНТІВ СТАРУНСЬКОГО ГЕОДИНАМІЧНОГО ПОЛІГОНУ

Калиній Т.В., *асистент, ovgeo@nung.edu.ua;*
Омельченко В.Г., *к. геол. н., доцент, ovgeo@nung.edu.ua;*
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

Розглянуто характеристику ґрунтового покриву Старунського геодинамічного полігону, який у XIX столітті був зруйнований промисловим видобутком нафти та озокериту. Унікальність цього об'єкту в тому, що тут, на невеликій площі, сконцентровані родовища озокериту, природних солей та прояви нафти і газу, а також єдиний у Карпатах грязьовий вулкан та всесвітньо відоме палеонтологічне місцезнаходження плейстоценової фауни волохатих носорогів та мамонта.

CHARACTERISTICS OF THE SOILS OF STARUNSKY GEODYNAMICAL POLYGON

Kalynii T., *assistant, ovgeo@nung.edu.ua;*
Omelchenko V.*, Cand. Sci. (Geol.), Associate Professor, ovgeo@nung.edu.ua;*
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine

The characteristics of the soil cover of the Starunsky geodynamic polygon, which was destroyed by industrial oil and ozokerite extraction in the 19th century, are considered. The uniqueness of this object is that here, on a small area, deposits of ozokerite, natural salts and manifestations of oil and gas are concentrated, as well as the only mud volcano in the Carpathians and the world-famous paleontological location of the Pleistocene fauna of woolly rhinos and mammoths.

Ґрунти – це поверхневі шари літосфери, видозмінені під впливом діяльності живих організмів – гризунів, черв, бактерій, грибів, зеленої рослинності та іншої органіки. Ґрунти відрізняються від гірських порід дисперсністю мінеральної маси, значним вмістом специфічних органічних речовин (гумусу) і мають істотну відмінність – родючість, тобто здатність забезпечувати врожай сільськогосподарських рослин. Ґрунти – це орано-мінеральні утворення, що виникли в результаті тривалої взаємодії живих організмів і геологічного субстрату, що може складатись із будь-якого переліку гірських порід, розкладу живих організмів, впливу природних поверхневих і підземних вод та атмосферного повітря.

Дуже важливим елементом ґрунту є перегній – органічна речовина, яка утворюється з решток померлих рослин під впливом діяльності мікроорганізмів, які живляться вуглеводнями, білками, жирами, лігнітом, пектином, цукром та іншими речовинами. Ґрунт забезпечує рослинний світ калієм і вуглецем, азотом і фосфором, що входять до складу білків. Ґрунти не тільки є джерелом забезпечення людей продуктами харчування, а й відіграють велику роль у очищенні природних і стічних вод. Ґрунтово-рослинний покрив є регулятором водного балансу суші, тому їх треба берегти і використовувати розумно.

На території Старунського геодинамічного полігону поширені наступні типи ґрунтів: 1) лучні, лучно-болотні та болотні; 2) сірі опідзолені чорноземи; 3) дерново-підзолисті; 4) ембріональні дерново-підзолисті та елювій на техногенних відкладах гірничих відвалів.

Лучні, лучно-болотні та болотні ґрунти займають до 15% площі полігону і поширені на алювії низької, середньої та високої заплавних терас річки Лукавець Великий та її допливу Ринне Стрім, а також у окремих западинах рельєфу за межами річкових долин.

Сірі опідзолені чорноземи займають 25% території полігону, утворились на лесовому покриві та алювії I і II надзаплавних терас, в минулому були покриті дубовими, дубово-грабовими та грабово-буковими лісами. Розрізняють темно-сірі, сірі і ясно-сірі ґрунти. У темно-сірих ґрунтах вміст гумусу 2,5-4,0 %, pH 5,5-6,5, ступінь насичення основами сягає 80-85 %; у сірих – гумусу 1,5-2,5%, pH 5-6, ступінь насичення основами сягає до 70 %; у ясно-сірих – гумусу 1,5-2,0%, pH 4,8-5,2, а ступінь насичення основами сягає менша за 50-60 %. У поширенні сірих опідзолених ґрунтів спостерігається така закономірність:

темно-сірі ґрунти займають найменш розчленовані поверхні (в основному, це І надзаплавна тераса та пологі схили височин), сірі розвинуті на більш крутих, місцями розчленованих ярами та крутоспадистих поверхнях ІІ надзаплавної тераси, а ясно-сірі – на спадистих схилах тієї ж тераси, складених пилуватими лесоподібними супісками та суглинками.

Дерново-підзолисті ґрунти займають 20 % площі полігону і поширені у західній та східній частинах полігону, складених лесами, лесоподібними суглинками та супісками, з окремими "острівними" дібровами, які колись були суцільними смереково-буковими і дубовими лісами. Це ґрунти переважно середньо- та сильно підзолисті, сильно кислі (pH 3,5-4,5), поверхнево оглеєні, з вмістом гумусу від 2 до 3 %, ступінь насичення основами – менша за 60 %.

Ембріональні дерново-підзолисті ґрунти та елювій на техногенних відкладах гірничих відвалів займає майже 40% площі полігону і представлені слабо гумусовими (до 1% гумусу) суглинками та глинами зі щебнем більш щільних корінних порід.

Екологічна політика на території Старунського геодинамічного полігону повинна бути спрямована на досягнення наступних стратегічних завдань та вирішення тактичних екологічних проблем сьогодення:

1. Забезпечення екологічно збалансованого природокористування, а саме:

- створення системи кадастру природних ресурсів та забруднення навколишнього природного середовища;
- організація екологічного аудиту екологічного стану не тільки геологічного середовища та ґрунтового покриву, а усіх компонентів довкілля – геофізичних полів, гідросфери, атмосферного повітря, геоморфосфери та небезпечних екзогеодинамічних процесів, тваринного та рослинного світу, особливостей демосфери та стану здоров'я населення у залежності від екологічних чинників;
- виконання ОВНС – оцінки впливів на навколишнє середовище лінійних техногенних об'єктів, що функціонують на полігоні;
- проведення постійно діючого екологічного моніторингу на території полігону;

2. Зменшення щорічних обсягів викидів у атмосферне повітря та скидів у водне середовище забруднювальних речовин та безпечне поводження з відходами у с. Старуня, для чого необхідно:

- зменшити обсяги викидів, скидів та накопичення відходів на 10 % протягом кожних 5 років;
- реконструювати існуючі та побудувати нові очисні споруди;
- зберегти на 60га природоохоронної території геологічної пам'ятки Диво-Старуня існуючі лісистість та збільшити її частку на інших територіях с. Старуня шляхом залісення еродованих та малопродуктивних сільськогосподарських земель;
- запровадити сучасні технології збору, сортування та переробки твердих побутових відходів.

3. Досягнення безпечного для здоров'я людини стану навколишнього середовища, а саме:

- забезпечення дотримання санітарно-гігієнічних норм та вимог до якості питної води та атмосферного повітря шляхом їх постійного контролю;
- виявлення зон екологічного ризику для здоров'я населення;
- посилення державного екологічного контролю та постійного екологічного інспектування за дотриманням законодавства при розміщенні у с. Старуня об'єктів будівництва та експлуатації нових та реконструкції існуючих промислових та аграрних підприємств, а також розважальних, відпочинкових, туристично-рекреаційних та готельних комплексів.

4. Підвищення рівня суспільної екологічної свідомості у жителів с. Старуні, а саме:

- створення у сільській раді, школі, будинку культури та фельдшерсько-акушерському пункті інформаційно-аналітичних центрів щодо проблем екологічної безпеки та охорони навколишнього середовища;
- постійне інформування влади та природоохоронних органів про стан екологічної безпеки та охорони навколишнього природного середовища через офіційні веб-сайти та ЗМІ.

УДК 330.15:338:553 : 502/504

ЩОДО ВРАХУВАННЯ ВТРАТ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ ЛІСІВ САМОЗАЛІСНЕНИХ ТЕРИКОНІВ ПРИ ОЦІНЮВАННІ ЗБИТКІВ НАДРАМ ЧЕРЕЗ ВІЙНУ З РФ

***Сухіна О.М.*[1]**, *канд. екон. наук, с. н. с., olsuhina@ukr.net,*
***Бодюк А.В.*[2]**, *канд. екон. наук, с. н. с., g2030@ukr.net,*
1 – Інститут демографії та досліджень якості життя імені Михайла Птухи Національної академії наук України, Київ, Україна,
2 – Науково-дослідний заклад «Ресурси», Київ, Україна

Розроблено методологічні підходи щодо врахування втрат лісів та екосистемних послуг лісів самозаліснених териконів при оцінюванні збитків надрам внаслідок російської агресії.

З одного боку, саме комплексні наукові дослідження щодо всіх видів природних ресурсів (мінерально-сировинних, земельних, водних, лісових, атмосферного повітря, фауни) допомогли нам виконати нашу науково-дослідну роботу, а з іншого боку – розробити нові методологічні підходи для оцінювання економічних збитків надрам через війну з рф.

При здійсненні економічної оцінки збитків Україні від втрати родовищ корисних копалин через війну нами запропоновано врахувати ті властивості природних ресурсів, які не враховуються за офіційними методиками. Зокрема, це втрати екосистемних послуг рослинного світу поблизу родовищ, ринкових позицій природних ресурсів - водних, лісових, атмосферного повітря (вартісних показників тощо), втрати тваринного світу, мікроорганізмів та ін. Включення цих збитків до загальної системи економічних збитків має сприяти збільшенню їх величини.

CONSIDERING THE LOSS OF ECOSYSTEM SERVICES OF FORESTS OF SELF-AFRESTED TERRICONS WHEN ASSESSING DAMAGES TO SUBSOIL DUE TO THE WAR WITH THE RUSSIAN FEDERATION

***Sukhina O.*[1]**, *Cand. Sci. (Econ.)., senior researcher, olsuhina@ukr.net,*
***Bodyuk A.*[2]**, *Cand. Sci. (Econ.)., senior researcher, g2030@ukr.net,*
1 – Mykhailo Ptukha Institute of Demography and Quality of Life Research of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine,
2 – Research institution «Resource», Kyiv, Ukraine

Methodological approaches have been developed to take into account the loss of forests and ecosystem services of self-forested waste dumps when assessing subsoil damage as a result of Russian aggression.

On the one hand, it was comprehensive scientific research on all types of natural resources (mineral raw materials, land, water, forest, atmospheric air, fauna) that helped us carry out our research work, and on the other hand, to develop new methodological approaches for assessing economic losses to subsoil resources due to the war with the Russian Federation.

When carrying out an economic assessment of the losses to Ukraine from the loss of mineral deposits due to the war, we propose to take into account those properties of natural resources that are not taken into account by official methods.

In particular, these are losses of ecosystem services of the plant world near the deposits, market positions of natural resources - water, forest, atmospheric air (value indicators, etc.), losses of the animal world, microorganisms, etc. The inclusion of these losses in the general system of economic losses should contribute to an increase in their value.

Вступ. В Уряді України відсутні конкретні дані про надра на окупованих територіях, особливо, у Донбасі, немає даних про фактичний обсяг видобутку мінеральної сировини, стан обладнання гірничодобувних підприємств, негативні наслідки, завдані вразливим екосистемам, стан навколишнього природного середовища, і в тому числі лісів.

"Вартість корисних копалин України на територіях, які зараз контролює росія, оцінюється в трильйони доларів, тому санкції проти РФ мають бути тотальними": про це Президент України Володимир Зеленський сказав в інтерв'ю Reuters [1]. "Як повідомляв Укрінформ, до 20% мінеральних ресурсів України, включаючи близько половини родовищ рідкісноземельних елементів, перебувають під російською окупацією" [1]. "Україна не контролює 80% своїх вугільних родовищ". А також не контролює чверть державних вугільних шахт" [2]. Згідно з підрахунками Інституту геологічних наук НАН України, наша

держава не контролює понад 700 родовищ з понад 2 160 (третину). Вони розташовані на окупованих територіях або біля лінії фронту.

"Сфера надрокористування України зазнала збитків у €10,6 трлн євро, а близько 50 % найважливіших критичних мінеральних ресурсів України перебувають в окупованих росією регіонах" [3]. Такі дані озвучила на Міжнародній конференції з питань відновлення України URC-2025 у Римі Міністерка захисту довкілля та природних ресурсів України у липні 2025 р.

За даними Інституту геологічних наук НАН України станом на 31 травня 2023 р. (надані BBC News Україна), "за роки війни та анексії Криму, починаючи з 2014 року, росія загарбала сотні українських родовищ. За найскромнішими підрахунками, їхня вартість може становити від 12,5 трлн до 15 трлн доларів" [4]. Через агресію рф Україна втрачає доступ до нафти, газу, вугілля, солі, залізної і титанової руди, золота, урану, граніту, марганцю, літію та ін.

На Донбасі війська рф захопили й вугільні терикони, вкриті лісами.

Для здійснення економічної оцінки збитків надрам та іншим природним ресурсам у перший рік війни з рф було затверджено 6 нових методик з оцінювання збитків природним ресурсам, і одна – для оцінювання збитків майну, і з урахуванням упущеної вигоди, – з надією на те, що рф буде виплачувати репарації. Але вже надія помирає. Проте "Міндовкілля працює над розробленням уніфікованої методології міжнародного рівня" [4], і необхідно їм допомагати своїми науковими розробками. На нашу думку, у цій методиці обов'язково повинен бути використаний екосистемний підхід та принцип втрат екосистемних послуг. Останній повинен стати ключовим показником порушень природних ресурсів.

Досить тривалий час ми не могли знайти об'єкт нашої НДР – лісів територіальних громад (тобто, лісів комунальної власності) для оцінювання збитків через військові атаки рф. Нам необхідні дані щодо розташування таких лісів (в якому районі, області), площі (власне лісів та порушених), типу порушення (знищені, порушені чи забруднені), джерела впливу (міни, вирубка, пожежі чи інше), розмір збитків цим лісовим ресурсам. Для виконання нашої НДР ми неодноразово зверталися із запитами до Державної екологічної інспекції України (ДЕІ) щодо отримання даних, але таких немає.

Нам надійшла наступна відповідь із ДЕІ України (лист АСУД "ДОК ПРОФ 3", Держекоінспекція України, 4055/2.11/25 від 04.09.2025; підписання КЕП СУББОТЕНКО Олександр Сергійович): "Враховуючи вищезазначене у Держекоінспекції відсутня інформація стосовно знищених чи забруднених лісів комунальної власності, а також щодо розміру шкоди та збитків, завданих лісам комунальної власності внаслідок збройної агресії Російської Федерації".

Чітких публікацій про знищені чи пошкоджені ліси комунальної власності у відкритому доступі Інтернет немає. Ми телефонували до всіх територіальних громад Броварського та Ірпінського районів, але в них немає саме пошкоджених військами рф лісів комунальної власності. Це забрало багато часу. Обдзвонювати навмання чи всі громади, де були військові дії, та є ліси комунальної власності, - нереально й неефективно. Але це можуть бути рекультивовані та озеленені терикони вуглевидобувного виробництва, які передані на баланс територіальним громадам, а на даний час захоплені військами рф. Це наше невелике наукове відкриття. Тим більше, рекультивовані зелені терикони передані на баланс територіальних громад, а самозаліснені терикони не можуть бути передані на баланс громад, хоча є винятки. Тобто, офіційно озеленені терикони територіальних громад Донбасу є тими лісами громад, які захопили війська рф, і невідомо: чи вони залишили ті ліси на териконах, оскільки де війська рф проходили, то масово знищували українські ліси, маючи із собою мобільні лісопилки. Проте вже є новина, що розпочато процес перетворення ДП «Ліси України» на акціонерне товариство, про яке майже щодня є негативні новини, схожі на новини про військових рф, які вирубують українські ліси.

У цьому випадку об'єктом даного наукового дослідження виступають самозаліснені терикони, які ще не передані до територіальних громад. Це відкриття сприятиме як виконанню нашої НДР, так і удосконаленню методик з оцінювання економічних збитків надрам. Так, втрату таких лісів самозаліснених териконів доцільно враховувати при оцінюванні економічних збитків надрам. Це необхідно для того, аби уточнити розміри економічних збитків надрам, й удосконалити відповідну методику.

Така потрібність визначилася у той час, коли ми здійснювали комплексні дослідження по всіх природних ресурсах, які знищують війська рф: надрах, земельних, водних, лісових ресурсах та атмосферному повітрю саме для формування тез наукової доповіді до ювілейної Десятої Міжнародної науково-практичної конференції “Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування”. Хоча наша тема НДР "Збитки земельним і лісовим ресурсам України внаслідок військової агресії рф" стосується лише двох видів ресурсів. Але необхідно мати широкий кругозір. Тому ми завдячуємо організаторам цієї потужної конференції, такої корисної для держави, і для розвитку науки. І кожного року ми беремо в ній участь. Вона активізує враховувати багато аспектів.

Що стосується надр, то на схилах відпрацьованих кар'єрів, і залізорудних, також виростають самосійні ліси, і цю реальність потрібно враховувати.

Мета досліджень: обґрунтувати потрібність внесення змін і доповнень до чинних методик обчислення збитків природним ресурсам в результаті військових подій.

Методи досліджень: загальнонаукові методи дослідження (аналіз, синтез, узагальнення, пояснення, системний метод), спеціальні: формально-логічний, обґрунтування наукових висновків, вибору і обґрунтування конструктивних наукових рекомендацій.

Результати досліджень. Як показує аналіз відповідних чинних методик оцінок шкоди довкіллю і природним ресурсам, та не зважаючи на те, як швидко реагують і працюють Державна екологічна інспекція України та округів, в яких є все для того, щоб визначити стан усіх видів порушених чи забруднених природних ресурсів, ще багато факторів шкоди природним ресурсам не враховуються в 7-ми нових методиках оцінювання збитків державі і територіальним громадам. При оцінюванні збитків надрам важливо врахувати ті властивості природних ресурсів, які не враховуються за офіційними методиками. Зокрема, це втрати екосистемних послуг рослинного світу поблизу родовищ, ринкових позицій природних ресурсів – водних, лісових, атмосферного повітря (вартісних показників тощо), втрати тваринного світу, мікроорганізмів та ін. Включення цих збитків до загальної системи економічних збитків має сприяти збільшенню їх величини.

У нашому відділі екосистемних послуг та природоохоронних територій є багато напрацювань з різних напрямів удосконалення нових 7-ми методик. Використання наших напрацювань буде важливим для Міндовкілля України, Державної екологічної інспекції (ДЕІ) України та ДЕІ Столичного округу, міських рад. Корисними наші праці будуть і для розвитку екологічного законодавства України. Це наступні методологічні підходи: щодо врахування екосистемних послуг при оцінюванні збитків природним ресурсам внаслідок війни з рф; щодо врахування втрат тваринного світу й мікроорганізмів; щодо врахування вартості грибів при оцінці збитків лісовим ресурсам внаслідок військових атак рф; щодо врахування вартості ремедіації та біоремедіації екосистем при оцінюванні збитків лісовим та ґрунтовим екосистемам в результаті російських атак; щодо врахування упущеної вигоди та ін.

Якщо в "Методиці визначення шкоди та збитків, завданих територіям та об’єктам природно-заповідного фонду внаслідок збройної агресії російської федерації" (затвердженої наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 13 жовтня 2022 № 424) частково вже застосований принцип втрат екосистемних послуг, то в інших методиках - ні.

Ці 7 методик доцільно удосконалювати, включаючи втрати екосистемних послуг, втрати тваринного світу, мікроорганізмів, вартість ремедіації ґрунтів, водойм і підземних

вод, та біоремедіації екосистем (включаючи фіторемедіацію) та ін. При цьому не повинно бути дублювання оцінок, наприклад, якщо збитки обраховуються з допомогою методу відновлення екосистем, то там вже включено вартість відновлювальних робіт.

"Методики обрахунку збитків довкіллю внаслідок війни стали унікальним досвідом у роботі Міністерства" [4]. "До 24 лютого 2022 року у світі ніхто ніколи не розробляв такі методики. Над ними працювали понад 70 фахівців". В методиках по ПЗФ частково вже застосований принцип втрат екосистемних послуг" [4].

"Коефіцієнт 10 застосовується в методиках визначення збитків унаслідок російської збройної агресії атмосферному повітрю, водним ресурсам, внутрішнім морським водам України в Азовському та Чорному морях. Його введення обумовлено необхідністю покриття витрат на відновлення атмосферного повітря та водних ресурсів до їхнього природного стану. Розроблення методик проводилося з урахуванням чинного законодавства України, системи нормування, контролю та моніторингу вод та атмосферного повітря" [4].

Що стосується вартісної оцінки збитків надрам, то в Україні затверджена "Методика визначення розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок самовільного користування надрами", в якій є два види розрахунків. В даному дослідженні нас цікавить розділ V цієї Методики. В п.5 цього розділу зазначено "Розмір збитків, заподіяних державі внаслідок самовільного видобування корисних копалин на тимчасово окупованих територіях та на іншій території України внаслідок збройної агресії Російської Федерації".

Завдяки нашому комплексному науковому дослідженню нами пропонується при економічній оцінці збитків нашій державі від втрати родовищ мінерально-сировинних ресурсів через агресію рф враховувати і збитки земельним ресурсам, водним, лісовим, втрати їх екосистемних послуг, та атмосферному повітрю, тобто застосовувати екосистемний підхід. Для цього пропонуємо використовувати наступні нові чинні методики, затверджені на початку війни: "Методика визначення шкоди та збитків завданих земельному фонду України внаслідок збройної агресії російської федерації", "Методика визначення розміру шкоди завданої землі, ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану", "Методика визначення шкоди та збитків, заподіяних лісовому фонду внаслідок збройної агресії російської федерації", "Методика визначення збитків, заподіяних внаслідок забруднення та/або засмічення вод, самовільного користування водними ресурсами", "Методика розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди".

Застосований методологічний підхід є прикладом комплексних наукових досліджень з оцінювання економічних збитків.

Новітньою особливістю "Методики визначення шкоди та обсягу збитків, завданих підприємствам, установам та організаціям усіх форм власності внаслідок знищення та пошкодження їх майна у зв’язку із збройною агресією російської федерації, а також упущеної вигоди від неможливості чи перешкод у провадженні господарської діяльності" є те, що в Додатку 6 зазначені показники рівня рентабельності операційної діяльності малих підприємств. Такі показники не підходять для гірничодобувних підприємств, тому необхідно зазначати і їх, тим більше, що після ратифікації "Угоди між Урядом України та Урядом Сполучених Штатів Америки про створення Американсько-Українського інвестиційного фонду відбудови" з кількох позицій геологічного спрямування знято гриф "цілком таємно", тому дані про рентабельність видобутку корисних копалин теж мають бути для відкритого доступу.

В цій же Методиці є положення про упущену вигоду, а до репарацій доцільно включати і упущену вигоду. Ця Методика стосується майна, тому і в інших 6-ти методиках оцінювання збитків природним ресурсам внаслідок військової агресії рф доцільно додати положення про упущену вигоду (втрачений зиск).

Наприклад, ліси на самозаліснених териконах є рекреаційним ресурсом, і він може бути втраченим. Втраченим може бути і здоров'я людей, особливо шахтарів, адже у таких забруднених вуглевидобувних регіонах атмосферне повітря є дуже забрудненим. Втрату цих лісів можна оцінювати як упущену вигоду.

Ліквідація наукового напряму економіки надрокористування в системі Національної академії наук України та аналогічного відділу (з ліквідацією Ради по вивченню продуктивних сил України НАН України) є дуже насторожливою ситуацією, адже у той час, як в Україні цей напрям згортається, надра України детально вивчають у США, й доказом цьому є ратифікація Угоди про надра із США. І замість того, щоб роздавати частку гірничої ренти кожному громадянину України, наша держава віддаватиме частину корисних копалин для США. Тому доцільно інтегрувати вітчизняну науку економіку надрокористування до глобального дослідницького простору [5].

Висновки. Таким чином, хоча є сім нових методик з оцінювання економічних збитків природним ресурсам і розроблені згідно з прогресивними зарубіжними трендами, вони не враховують втрат екосистемних послуг (окрім однієї, яка стосується оцінки збитків природно-заповідному фонду), фауни, мікроорганізмів. Саме комплексні дослідження допомогли нам виконати нашу НДР, хоча про оцінку збитків надрам нам завдання не було, але в той же час ми розробили методологію щодо врахування втрат лісів та екосистемних послуг лісів самозаліснених териконів при оцінюванні збитків надрам через війну з рф.

Саме комплексність у наукових дослідженнях з оцінювання економічних збитків сприятиме більш точним результатам. Наше наукове бачення сприятиме як виконанню НДР нашого відділу, так і оптимізації методик з оцінювання економічних збитків надрам.

Список використаних джерел:

1. Зеленський: Вартість корисних копалин на окупованих територіях України оцінюється у трильйони доларів. - Дата публікації: 08.02.2025. - URL: https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3957844-zelenskij-vartist-korisnih-kopalin-na-okupovanih-teritoriah-ukraini-ocinuetsa-u-triljoni-dolariv.html.

2. Дорош С. Підземні багатства України. Скільки з них захопила Росія і чому вони можуть бути втрачені назавжди. - Дата публікації: 31.05.2023. - URL.: https://www.bbc.com/ukrainian/articles/cqv0v18x2d3o.

3. Бурич М. Міндовкілля назвало суму збитків, які Росія завдала українському довкіллю. - Дата публікації: 12.07.2025. - URL.: https://glavcom.ua/country/incidents/mindovkillja-nazvalo-sumu-zbitkiv-jaki-rosija-zavdala-ukrajinskomu-dovkillju-1067804.html

4. Листопад О. Російська агресія: як рахувати збитки довкіллю. - URL.https://svit.kpi.ua/2023/04/17

5. Сухіна О.М. Угода про надра та інтеграція науки економіки надрокористування до глобального дослідницького простору // Стратегічні засади інтеграції України у глобальний геоекономічний простір : збірник наукових праць за результатами міжнародної науково-практичної конференції (м.Київ, 21 травня 2025 р.) / Державна установа "Інститут економіки та прогнозування Національної академії наук України". - Електрон. дані. - Київ, 2025. – с. 241-244.

ВИКОРИСТАННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД



УДК 342.77, 628.1(1-21):628.144.23, 556.32

ЩОДО ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕННЯ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ (НА ПРИКЛАДІ МІСТ УКРАЇНИ З НАСЕЛЕННЯМ ПОНАД 100 ТИС. ОСІБ, РОЗТАШОВАНИХ В МЕЖАХ ДОНЕЦЬКОЇ СКЛАДЧАСТОЇ ОБЛАСТІ)

Руденко Ю.Ф. [1], *к. геол.-мін. н., с. н. с., rud@hydrosafe.kiev.ua;*
Юркова Н.А. [1,2], *natyurk@ukr.net;* ***Гураль О.В.*** [1], *gural@hydrosafe.kiev.ua;*
Саприкін В.Ю. [1], *к. геол. н., vsaprykin@hydrosafe.kiev.ua,*
1 – Державна установа «Науково-інженерний центр радіогідрогеоекологічних полігонних досліджень НАН України», Київ, Україна,
2 – Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України», Київ, Україна

Після початку воєнних дій в Україні питання забезпечення населення питною водою постало особливо гостро. Враховуючи високі потенційні ризики масованих вогневих уражень міських осередків з високою щільністю населення та інфраструктурних об'єктів у межах територій житлової забудови, надійне забезпечення соціальної структури питною водою є одним з найважливіших факторів життєзабезпечення населення.

Метою досліджень є оцінка гідрогеологічних умов міст України, де кількість мешканців перевищує 100 тис. осіб, з подальшим наданням рекомендацій, спрямованих на підвищення надійності водопостачання населення на базі створення локальних систем захищеного бюветного водозабезпечення підземною водою питної якості. В статті представлені результати аналізу та узагальнення геолого-гідрогеологічних і гідрохімічних даних по двох містах України з населенням 107 тис. осіб (м. Слов'янськ) і 150 тис. осіб (м. Краматорськ), які розташовані в межах гідрогеологічної провінції Донецької складчастої області. Визначена забезпеченість їх затвердженими експлуатаційними запасами підземних вод або прогнозними ресурсами. Для локального водопостачання цих міст під час воєнних дій або надзвичайних природних чи техногенних ситуацій необхідно залучити від 0,7 до 1,0 тис. м^3/добу підземних вод. Надані рекомендації щодо створення розгалуженої мережі локального (бюветного) водопостачання. Дослідження фінансуються Національною академією наук України. Їх виконання передбачено у 2023–2025 рр.

REGARDING DRINKING WATER SUPPLY TO THE POPULATION DURING MARTIAL LAW (USING THE EXAMPLE OF UKRAINIAN CITIES WITH A POPULATION OF OVER 100 THOUSAND PEOPLE LOCATED WITHIN THE DONETSK FOLDED REGION)

Rudenko Yu [1], *Cand. Sci. (Geol.-Mineral.), Senior Researcher, rud@hydrosafe.kiev.ua,*
Yurkova N. [1,2], *natyurk@ukr.net,* ***Gural O.*** [1], *gural@hydrosafe.kiev.ua,*
Saprykin V. [1], *Cand. Sci. (Geol.), vsaprykin@hydrosafe.kiev.ua,*
1 – State Institution "Radioenvironmental Centre of NAS of Ukraine", Kyiv, Ukraine,
2 – State Research and Development Enterprise "State Geological Information Fund of Ukraine", Kyiv, Ukraine

After the outbreak of hostilities in Ukraine, the issue of providing the population with drinking water became particularly acute. Given the high potential risks of damage from massive armed attacks to urban agglomerations with high population density and infrastructure facilities within the territories of residential development, reliable provision of the social structure with drinking water is one of the most important factors in ensuring the life of the population.

The purpose of the research is to assess the hydrogeological conditions of Ukrainian cities with a population exceeding 100 thousand people, with the subsequent provision of recommendations aimed at increasing the reliability of water supply to the population on the basis of the creation of local systems of protected well room water supply with underground water of drinking quality.

The article presents the results of the analysis and generalization of geological, hydrogeological and hydrochemical data for two cities of Ukraine with a population of 107 thousand people (Slovyansk) and 150 thousand people (Kramatorsk), which are located within the hydrogeological province of the Donetsk folded region. Their supply with approved operational reserves of groundwater or forecast resources has been determined. For local water supply of these cities during military operations or emergency natural or man-made situations, it is necessary to attract from 0.7 to 1.0 thousand m^3/day of groundwater. Recommendations are provided for the creation of an extensive network of local (well room) water supply. The research is funded by the National Academy of Sciences of Ukraine. Their implementation is planned for 2023–2025.

Вступ. Проблема забезпечення населення України якісною питною водою є соціально значущою, оскільки питна вода безпосередньо впливає на стан здоров'я громадян і є одним із визначальних чинників екологічної та епідеміологічної безпеки життєдіяльності людини.

Повномасштабна збройна агресія російської федерації спричинила значний негативний вплив на всі без винятку галузі економіки України та сфери суспільного життя, зокрема на галузь водного господарства.

Маючи сусідство держави зі стійкою імперіалістичною ідеологією, Україна повинна розвивати всі основні ланки своєї життєдіяльності за принципами максимальної безпекової стійкості. Поряд з безпосереднім оборонним укріпленням це насамперед стосується і максимально стійкої системи водопостачання [1, 2, 3].

Метою наших досліджень було надання рекомендацій щодо організації локального (бюветного) водопостачання населення під час воєнних дій або будь-яких надзвичайних ситуацій.

На пиття і приготування їжі на одну людину слід забезпечити, за різними оцінками, 5-7 л води на добу [2]. Тобто на місто з населенням, наприклад, 100 тис. осіб (в Україні станом на 01.01.2021 р. налічується 44 міста з населенням понад 100 тис. осіб, близько третини з яких, на жаль, тимчасово окуповані: в Криму, Донецькій, Луганській, Запорізькій областях) вистачить на добу всього 500–700 $м^3$ питної води. Рішення такої проблеми навіть в умовах дефіциту захищених підземних вод питної якості у більшості випадків є можливим. У містах старої і нової забудови підвищення надійності питного водопостачання досягається створенням розгалуженої системи бюветного водопостачання з автономним енергозабезпеченням насосів та портативними системами очищення води там, де це потрібно. Для значної кількості міст, де немає розвіданих родовищ підземних вод, необхідно конкретно розглянути гідрогеологічні умови й оцінити можливість створення системи локального водопостачання для питних потреб. При наявності розвіданих родовищ варто виходити за їх межі з метою охоплення всієї площі житлової забудови або її максимальної частини (при відсутності позитивних

гідрогеологічних умов на всій території відповідної агломерації). При оцінці і наступному проєктуванні та будівництві бюветів у залежності від типу забудови можна виходити з оцінок, що на 2-5 тис. жителів мікрорайону потрібно від 10 до 35 м^3 води на добу, із запасом до 50 м^3.

Зауважимо, що в мирний час система локального водопостачання буде працювати як складова існуючої мережі централізованого господарсько-питного водозабезпечення.

В межах Донецької складчастої області знаходяться 2 міста з населенням понад 100 тис. осіб, а саме: Краматорськ та Слов'янськ.

Крім того, раніше були опубліковані результати аналогічних досліджень по 5-ти містах з населенням понад 100 тис. осіб в межах Волино-Подільського артезіанського басейну [3], 9-ти містах в межах Українського щита [4, 5], надані матеріали стосовно 3-х міст Карпатського регіону на XVIII міжнародну наукову конференцію «Моніторинг геологічних процесів та екологічного стану середовища», 14-17 квітня 2025 р., Київ, Україна та 3-х міст Причорноморського артезіанського басейну в «Геологічний журнал».

Постановка проблеми і методика робіт. Воєнні дії вже призвели до руйнації міських водозаборів і водної гуманітарної катастрофи в Маріуполі, суттєвих перебоїв з централізованим водопостачанням у Чернігові, Миколаєві, інших містах. У Луганській області тисячі людей лишилися доступу до питної води. Це свідчить про необхідність створення надійних та стійких до надзвичайних ситуацій (включаючи воєнні дії) систем водопостачання з резервними водними джерелами та засобами подачі води в мережу споживання [6, 2].

Саме такими джерелами, перевіреними успішною організацією водопостачання в умовах техногенних катастроф, можуть бути підземні води. Особливостями поверхневих вод є відносна легкість їх отримання у достатній кількості, одночасно – висока вразливість до різного типу забруднень, чутливе реагування на погодні умови, необхідність тривалої водопідготовки. Кількість і якість підземних вод, в основному, залежать від геолого-гідрогеологічних умов, але при цьому, на відміну від поверхневих вод, вони характеризуються значно більшою захищеністю від забруднень, високою якістю і сталістю обсягів запасів.

Зауважимо, що в жодному із чинних законодавчих документів, що регламентують забезпечення питною водою населення та більшості підприємств у разі виникнення надзвичайних ситуацій, не йдеться про необхідність мати альтернативне, надійно захищене джерело водопостачання, облаштоване ще до настання надзвичайної події. А саме таким джерелом і є підземні води.

Отже, є зрозумілою життєва необхідність побудови в Україні ешелонованої системи водопостачання (централізованої та локальної), яка була б максимально стійкою в разі виникнення будь-якої надзвичайної ситуації, зокрема й спричиненої воєнними діями.

Підземні води, що є альтернативною складовою водопостачання з поверхневих водних об'єктів, варто розглядати як надійне резервне водне джерело для міських осередків, де для забезпечення потреб населення використовуються поверхневі водозабори. Такі системи альтернативного водозабезпечення на випадок техногенних катастроф мають передбачати таке [7, 2, 3]:

- для централізованого водопостачання – наявність не менше двох водних джерел (серед яких одне підземне): дублюючу систему енергопостачання, максимально захищену систему водозабору і водопідготовки, включаючи за необхідності засоби покращення якості води;

- для локального питного водопостачання – систему бюветів з дублюючими централізоване енергопостачання автономними резервними джерелами живлення насосів. Проєктування та вибір місця розташування таких осередків має враховувати максимальну захищеність обладнання та споживачів від зовнішніх загроз у процесі відбору води, зокрема досяжність укриттів та бомбосховищ, розгалуженість системи водопостачання, в окремих випадках – наявність засобів доочищення води.

Основні напрями досліджень варто зосередити на побудові стійкої локальної системи водопостачання, яка з огляду на поточну ситуацію має охоплювати такі етапи:

1) проведення попереднього аналізу гідрогеологічних умов у містах щодо наявності підземних вод, ступеня їх захищеності від забруднень та якості води, вибору придатного водоносного горизонту або горизонтів, орієнтовної попередньої оцінки можливого дебіту свердловин;

2) погодження з місцевими органами управління місць для створення бюветів та заходів щодо організації відповідних робіт;

3) буріння і дослідження свердловин на кількість та якість води;

4) підключення до централізованого й автономного енергопостачання і за необхідності встановлення компактних систем поліпшення якості води, забезпечення захисту обладнання та людей тощо.

Щодо проблем середньострокової перспективи, варто зауважити, що під час післявоєнної відбудови повністю зруйнованих міст доцільно створювати роздільні системи централізованого питного і санітарно-гігієнічного (технічного) водопостачання, як це вже почали робити в місцях нових забудов у розвинених

країнах, а також облаштовувати локальні джерела питної води. Такий підхід дозволяє в десятки разів скоротити потреби саме в питній воді, що відкриває ширші можливості для забезпечення її найвищої якості, зокрема завдяки постачанню з підземних джерел. Дуже важливою ланкою посилення водної безпеки нашої держави є відновлення в достатньому обсязі гідрогеологічних робіт, які виконує Державна служба геології та надр України, і посилення їх наукового супроводу з боку НАН України.

Результати та їх обговорення. Гідрогеологічна провінція Донецької складчастої області розташована у південно-східній частині України і приурочена до центральної зони Донецької складчастої споруди (Донбасу).

Основна роль у водопостачанні в регіоні належить поверхневим водам каналу Сіверський Донець – Донбас та водосховищам місцевого значення. Проте, для багатьох населених пунктів, особливо сільських, підземні води є єдиним джерелом водопостачання [8].

У зв'язку з нерівномірністю поширення прогнозних ресурсів підземних вод спостерігається неоднакова забезпеченість ними різних частин Донецької складчастої області.

Тому, на площах зі складними гідрогеологічними умовами і дефіцитом питної води необхідна постановка попередніх пошуково-розвідувальних робіт по виявленню джерел централізованого водопостачання.

Місто Краматорськ. Це місто є адміністративним центром Краматорської міської громади та Краматорського району Донецької області з населенням 150,084 тис. осіб (станом на 01.01.2021).

У геоструктурному відношенні район відноситься до північно-західної частини території Донецького басейну, що являє собою геосинклінальний прогин у кристалічному ложі, заповнений осадовими породами [9, 10]. Даний район відноситься до області основної складчастості Донецького басейну, яка характеризується розвитком антиклінальних, нерідко куполоподібних структур, невеликих синкліналей і котловин, де породи палеозою та мезозою виходять на денну поверхню або залягають під малопотужним чохлом кайнозойських відкладів. Структури мають загальне північно-західне простягання і є безпосереднім продовженням основних складчастих структур відкритого Донбасу.

У геоморфологічному відношенні район розташований в межах Донецької височини.

Гідрографічна мережа району належить до суббасейну р. Сіверський Донець (басейн р. Дон). Місто Краматорськ розташоване в долині ріки Казенний Торець

(права притока Сіверського Донця) і його приток: рр. Маячка, Бичок, Біленька, Нижня Біленька, оточених пагорбами.

За гідрогеологічним районуванням територія розташована в межах гідрогеологічної провінції Донецької складчастої області. Складна геологічна будова району визначила його гідрогеологічні умови – велику кількість водоносних горизонтів, різні умови їх живлення, різну ступінь їх мінералізації. Живлення підземних вод здійснюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, підтоку підземних вод з інших водоносних горизонтів. Для верхніх безнапірних водоносних горизонтів переважаючим є інфільтраційне живлення, у занурених частинах істотну роль у живленні водоносних горизонтів грає перетік із суміжних водоносних горизонтів.

Відповідно до геологічної будови і гідрогеологічних умов, у районі міста Краматорськ і на прилеглих територіях, виділені 12 водоносних горизонтів (від четвертинних до нижньопермських відкладів).

Водопостачання м. Краматорськ здійснюється, в основному, за рахунок підземних вод водоносних горизонтів у верхньокрейдових відкладах, рідше – тріасових і нижньопермських (рис. 1). Крім того, залучаються поверхневі води. У 2020 р. в районі м. Краматорськ видобуток підземних вод 13 водозаборами різних підприємств становив майже 15,0 тис. $м^3$/добу, а у 2022 р. – 8,8 тис. $м^3$/добу.

Освоєння затверджених експлуатаційних запасів підземних вод ніколи не перевищувало 40%.

Виходячи з кількості населення міста (150 тис. осіб), норми водопостачання на 1 людину під час можливих надзвичайних ситуацій або воєнних дій (5-7 л на добу), а також кількості населення, яке може обслуговуватись з одного бювету (3-5 тис. мешканців міста), були виконані відповідні розрахунки, що вміщені в табл. 1.

Таким чином, для організації локального водопостачання міста буде використано максимум 1050 $м^3$/добу підземних вод з верхньокрейдового водоносного горизонту.

Таблиця 1. Розрахунок кількості та дебіту бюветів для локального водопостачання населення м. Краматорськ під час можливих надзвичайних ситуацій або воєнних дій

Кількість населення, тис. осіб	Норма водопостачання на одну особу, л/добу	Кількість населення, закріпл. за 1 бюв., тис. осіб	Необхідна кількість бюветів, штук	Дебіт одного бювету, $м^3$/добу	Загальний дебіт всіх бюветів, $м^3$/добу
150,0	5,0	3,0	50	15,0	750,0
	7,0	3,0	50	21,0	1050,0
	5,0	5,0	30	25,0	750,0
	7,0	5,0	30	35,0	1050,0

Безумовно, що інші питання, пов’язані з організацією локального водопостачання м. Краматорськ (розташування бюветів, буріння свердловин, автономне енергопостачання, встановлення компактних систем поліпшення якості води (за необхідністю), фінансування запланованих робіт та т.ін.), повинні вирішуватися з місцевими органами управління з залученням фахівців підприємств, які мають досвід у виконанні запланованих робіт.

Місто Слов‘янськ. Це місто є адміністративним центром Слов‘янської міської територіальної громади Краматорського району Донецької області з населенням 106,972 тис. осіб (станом на 01.01.2021).

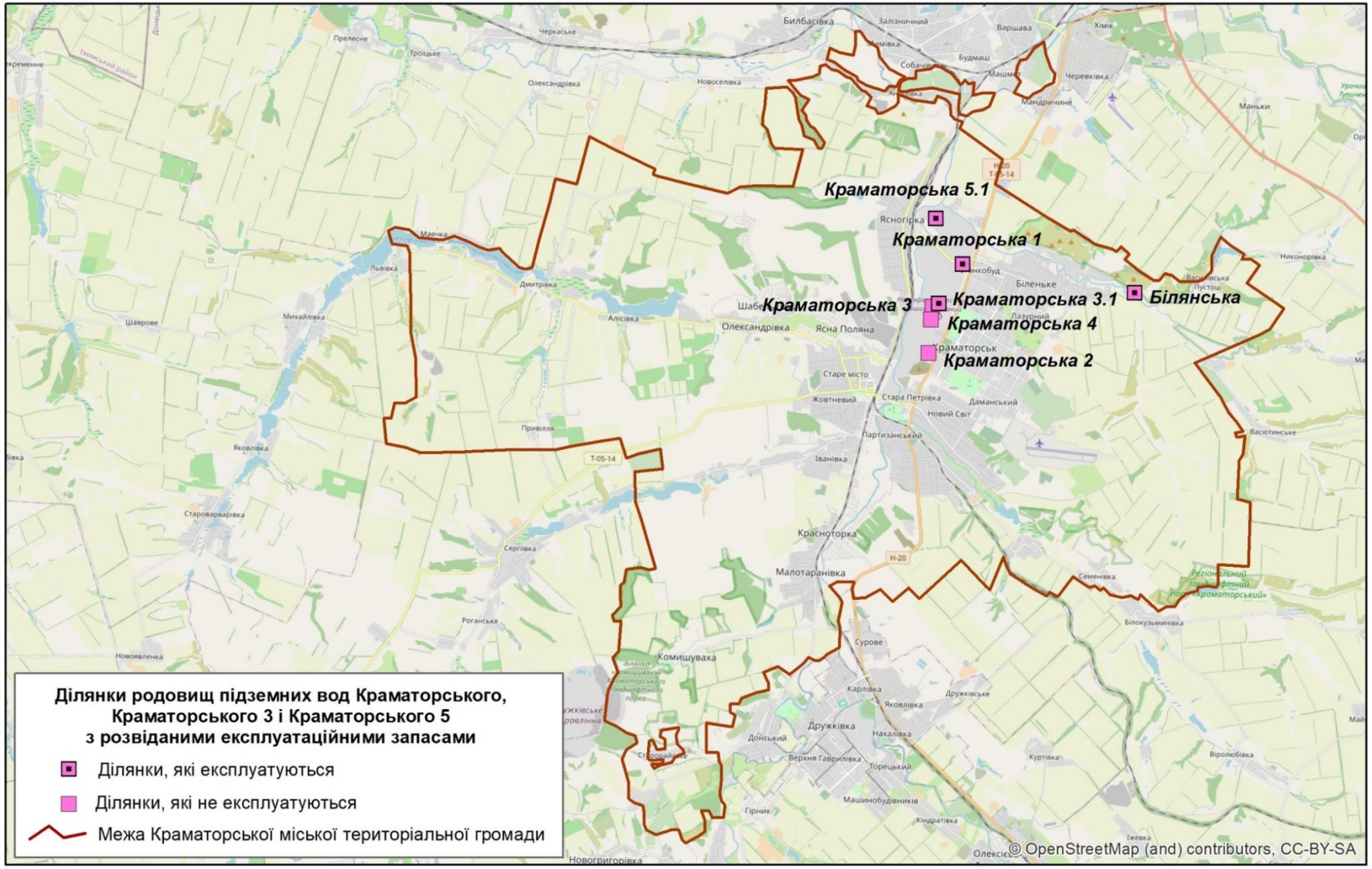


Рис. 1. Ділянки родовищ підземних вод у районі м. Краматорськ

Водопостачання м. Слов’янськ основане на використанні поверхневих та підземних вод. Останні експлуатуються Донецьким 2 водозабором, а також водозаборами підприємств міста. Крім того, є ділянки родовищ, які розвідані для водопостачання Слов’янська, що знаходяться за межами міста на відстанях від 6 до 16 км.

У геоструктурному відношенні район відноситься до північно-західної частини території Донецького басейну, що являє собою геосинклінальний прогин у кристалічному ложі, заповнений осадовими відкладами [11].

У геоморфологічному відношенні район розташований в межах Донецької височини, в північно-західній частині Донецького кряжу. У районі м. Слов’янськ відомі карстопрояви і карстові форми рельєфу, де вони пов’язані з вилуговуванням соленосної товщі нижньої пермі.

Гідрографічна мережа району належить до суббасейну р. Сіверський Донець (басейн р. Дон). Місто Слов’янськ розташоване на берегах ріки Казений Торець (права притока р. Сіверський Донець), її приток річок Бесарабівка, Сорищі та р. Сухий Торець з притоками річками Гола Долина та Черкаська. Суттєвий вплив на гідрогеологічні умови здійснює канал Сіверський Донець-Донбас, який введений у дію в 1958 р. За гідрогеологічним районуванням територія розташована в межах гідрогеологічної провінції Донецької складчастої області. Складна геологічна будова району визначила його гідрогеологічні умови – велику кількість водоносних горизонтів, різні умови їх живлення, різну ступінь їх мінералізації.

Відповідно до геологічної будови і гідрогеологічних умов, у районі м. Слов’янськ і на прилеглих територіях, виділені такі самі водоносні горизонти, як і в районі м. Краматорськ.

Для водопостачання населення і підприємств м. Слов‘янськ, в основному, використовуються підземні води водоносних горизонтів у верхньокрейдових і нижньотріасових відкладах, рідше алювіальних четвертинних і пліоценових.

У районі м. Слов‘янськ видобуток підземних вод водозаборами різних підприємств, врахованих за державним обліком використання в 2020 р., склав 0,060 тис. м^3/добу. Розвідані для водопостачання міста Слов’янськ ділянки Торецька, Черкаська і Долинська 1 на даний час не освоєні.

За даними роботи [12], джерелом водопостачання промислових центрів Донецької області – міст Слов'янськ, Дружковка, Констянтинівка, Краматорськ є Донецький 2 водозабір, що знаходиться у центральній частині Камишевахсько-Лиманської синкліналі.

Видобуток підземних вод з водоносного горизонту у верхньокрейдових відкладах Донецьким 2 водозабором впродовж останніх 14 років скоротився в 4 рази: в 2010 р. водовідбір склав 31,1 тис. м^3/добу, в 2020 р. – 21,7 тис. м^3/добу, 2023 р. – 7,514 тис.м^3/добу.

Виходячи з кількості населення міста Слов'янськ (107 тис. осіб), норми водопостачання на 1 людину під час можливих надзвичайних ситуацій або воєнних дій (5-7 л на добу), а також кількості населення, яке може обслуговуватись з одного бювету (3-5 тис. мешканців міста), були виконані відповідні розрахунки, що вміщені в табл. 2.

Таким чином, для організації локального водопостачання міста буде використано максимум 750 м^3/добу підземних вод з верхньокрейдового водоносного горизонту.

Остаточно питання, пов'язані з організацією локального водопостачання м. Слов'янськ, повинні вирішуватися з місцевими органами управління з залученням фахівців підприємств, які мають досвід у виконанні запланованих робіт.

Таблиця 2. Розрахунок кількості та дебіту бюветів для локального водопостачання населення м. Слов'янськ під час можливих надзвичайних ситуацій або воєнних дій

Кількість населення, тис. осіб	Норма водопостачання на одну особу, л/добу	Кількість населення, закріпл. за 1 бюв., тис. осіб	Необхідна кількість бюветів, штук	Дебіт одного бювету, м^3/добу	Загальний дебіт всіх бюветів, м^3/добу
107,0	5,0	3,0	36	15,0	540,0
	7,0	3,0	36	21,0	756,0
	5,0	5,0	21	25,0	525,0
	7,0	5,0	21	35,0	735,0

Висновки

1. Гідрогеологічна провінція Донецької складчастої області відзначається складними умовами формування підземних вод, які характеризуються невитриманістю по площі та в розрізі. Клімат регіону відносно посушливий, освоєння підземних вод досить інтенсивне, спостерігається суттєвий вплив

шахтного водовідливу. Все це значним чином ускладнює визначення складових формування експлуатаційних запасів підземних вод.

2. Не зважаючи на те, що відстань між містами Краматорськ і Слов'янськ всього 15 км, можливості організації локального (бюветного) водопостачання їх населення – різні.

В межах м. Краматорськ розвідано декілька ділянок підземних вод, по яких затверджені експлуатаційні запаси водоносного горизонту у верхньокрейдових відкладах. Їх освоєння у 2022 р. склало лише 23%. Необхідна кількість підземних вод для організації мережі локального водопостачання не перевищує 1050 м^3/добу, тобто 3,5% від неосвоєних запасів. Тому, вирішити це питання, за умови прийняття необхідних управлінських рішень, можливо у досить стислий термін.

В межах м. Слов'янськ основний водоносний горизонт той же самий – верхньокрейдовий. Але в межах міста жодної ділянки не розвідано. Тому необхідно провести повний цикл геологорозвідувальних робіт (пошуки, попередня та детальна розвідки) перед визначенням реальної схеми локального водопостачання. Втім, немає сумніву в реальності подачі в цю мережу 750 м^3/добу підземних вод з верхньокрейдового водоносного горизонту.

Список використаних джерел:

1. Шевченко О. Л., Кондратюк Є. І., Чарний Д. В. Автономні системи водопостачання підземними водами – необхідний запобіжник гуманітарних катастроф в умовах воєнної агресії // Геол. журн. – 2022. – № 3 (380). – С. 3–17. https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2022.3.255733.

2. Шестопалов В. М. Проблеми збереження та ефективного використання якісних підземних вод у контексті водної безпеки України: Стенограма доповіді на засіданні Президії НАН України 11 травня 2022 року // Вісн. НАН України. – 2022. – № 7. – С. 69–74. https://doi.org/10.15407/visn2022.07.069.

3. Rudenko Yu., Yurkova N., Saprykin V., Gural O. Creation of a reliable water supply system for the urban population with protected groundwater in connection with possible emergency situations or military operations // Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment: Proc. of XVII

Int. Sci. Conf., November 07-10, 2023. – Kyiv: EAGE, 2023. – P. 1-5. https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023520207.

4. Руденко Ю.Ф., Юркова Н.А., Гураль О.В., Саприкін В.Ю. Деякі питання локального питного водопостачання населення під час воєнного стану (на прикладі міст України з населенням понад 100 тис. осіб). ЧАСТИНА 1// Мінер. ресурси України.- 2024.- №4.- С.64-70 https://doi.org/10.31996/mru.2024.4.64-70.

5. Руденко Ю.Ф., Юркова Н.А., Гураль О.В., Саприкін В.Ю. Деякі питання локального питного водопостачання населення під час воєнного стану (на прикладі міст України з населенням понад 100 тис. осіб). ЧАСТИНА 2// Мінер. ресурси України.- 2025.- №2.- С.74-80 https://doi.org/10.31996/mru.2025.2.74-80.

6. Саніна І. В., Люта Н. Г. Перспективи використання експлуатаційних запасів питних підземних вод в Україні // Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування: Матеріали Сьомої міжнар. наук.-практ. конф. (м. Львів, 2021 р.). – Київ: ДКЗ, 2021. – Т. 2. – С. 311–313.

7. Шестопалов В. М., Руденко Ю. Ф., Стеценко Б. Д., Гураль О. В. Звіт про науково-дослідну роботу «Забезпечення населення міст захищеною від забруднення питною підземною водою під час можливих надзвичайних ситуацій (на прикладі деяких обласних центрів України з обмеженим водопостачанням за рахунок підземних вод)». – Київ: ДУ “НІЦ РПД НАН України”, 2019. – 172 с.

8. Стан підземних вод України, щорічник – Київ: Державна служба геології та надр України, Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2021 – 124с.

9. Попков О.І. Розвідка (переоцінка) запасів підземних вод у межах водозабору «Краматорський-ІІІ» Краматорського родовища з дослідно-промисловою експлуатацією. - Донецьке ДРГП. - Фонди ДНВП «Геоінформ України», 2007.

10. Куроєдова С.В. Геолого-економічна оцінка експлуатаційних запасів технічних підземних вод в межах ділянки водозабору Краматорський–V ПАТ «Енергомашспецсталь» (ділянка Краматорська–V) родовища «Краматорське» м. Краматорськ Донецької обл. - ДРГП «Донецькгеологія». - Фонди ДНВП «Геоінформ України», 2013.

11. Самойленко Л.П. Экспертное заключение по определению эксплуатационных ресурсов подземных вод для централизованного

водоснабжения г. Славянска Донецкой области (Славянский р-н Донецкой обл.). - Артемовская КГРЭ. - Фонды ГНПП «Геоинформ Украины», 1969.

12. Левічева Н.В. Оцінка сучасного стану прогнозних ресурсів та експлуатаційних запасів підземних вод по території Донецької області. – м. Артемівськ Донецької обл. – ДРГП «Артемгеологія», - Фонди ДНВП «Геоінформ України», 2005 р.

УДК 550.42

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ЗАПАСІВ ПИТНИХ ПІДЗЕМНИХ ВОД У ЗОНІ ВПЛИВУ КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

Саніна І.В.[1], *ekogeol@ukr.net;****Люта Н.Г.[1],*** *к. геол.-мін. н., nlyuta@ukr.net;*
Древіна Т.А.[2], Приходько С.М.[2], *ekogeol@ukr.net;*
1 – ДУ "Науково-інженерний центр радіогідрогеоекологічних полігонних досліджень НАН України", Київ, Україна,
2 – Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна

Руйнування греблі Каховської ГЕС призвело до порушення гідродинамічних та гідрогеохімічних умов підземних вод в суббасейні Нижнього Дніпра в зоні, що прилягає до чаші зруйнованого водосховища. Визначені можливості та перспективи забезпечення населення територіальних громад, розташованих в межах трьох водогосподарських ділянок у зоні впливу Каховського водосховища експлуатаційними запасами питних підземних вод. На цій території розвідано 696,510 тис. м^3/добу підземних вод, із яких використовується 96,950 тис. м^3/добу (13,92 %). Отже існують достатній резерв питних підземних вод і перспективи щодо забезпечення населення питною водою за рахунок розвіданих родовищ питних підземних вод, а також, відповідно, значні можливості для підвищення еколого-техногенної стійкості водопостачання в умовах надзвичайних ситуацій. Пріоритетом державної політики має стати забезпечення населення якісною питною водою за рахунок екологічно захищених підземних водоносних горизонтів, насамперед на півдні країни, де частка підземних вод у господарсько-питному водопостачанні є низькою.

STATUS AND PROSPECTS FOR THE USE OF OPERATIONAL RESERVES OF DRINKING GROUNDWATER IN THE AREA OF THE KAKHOVKA RESERVOIR INFLUENCE

Sanina I.[1], *ekogeol@ukr.net;* ***Lyuta N.[1],*** *Cand. Sci. (Geol.-Mineral.),nlyuta@ukr.net;*
Drevina T.[2], Prykhodko S.[2], *ekogeol@ukr.net;*
1 – State institution "Radioenvironmental Centre of NAS of Ukraine", Kyiv, Ukraine;
2 – Institute of Geological Science of Ukraine National Science Academy

The destruction of the Kakhovka hydroelectric power station dam resulted in the disruption of the hydrodynamic and hydrogeochemical conditions of groundwater in the Lower Dnipro sub-basin in the area adjacent to the bowl of the destroyed reservoir. The possibilities and prospects for providing the population of territorial communities located within three water management areas in the influence zone of the Kakhovka reservoir with operational reserves of drinking groundwater were determined. In this territory, 696,510 thousand m^3/day of groundwater have been explored, of which 96,950 thousand m^3/day (13.92%) are used. Consequently, there is a sufficient reserve of drinking groundwater and prospects for providing the population with drinking water due to the explored deposits of drinking groundwater, as well as significant opportunities for increasing the ecological and technogenic sustainability of water supply in emergency situations. The priority of state policy should be to provide the population with high-quality drinking water from environmentally protected aquifers, primarily in the south of the country, where the share of groundwater in domestic and drinking water supply is low.

Підрив Каховської ГЕС 6 червня 2023 р. спричинив водно-екологічну катастрофу: неконтрольоване скидання води призвело до руйнівного впливу на екосистему південного регіону (затоплення численних населених пунктів, людські жертви, матеріальні збитки тощо). Одну із найбільших небезпек становлять зміни у гідросфері, головними з яких стали порушення гідродинамічного режиму і гідрогеохімічної обстановки. Внаслідок відходу води після підриву греблі Каховської ГЕС рівень води у водосховищі, який підтримував відповідний рівень горизонтів підземних вод, був знижений. Виникли проблеми з водозабезпеченням у Херсонській, Запорізькій та Дніпропетровській областях, ускладнилося або унеможливилося водопостачання для сільськогосподарських потреб Запорізької та півдня Херсонської областей. В таких умовах важливого значення набуває вирішення питання раціонального використання наявних розвіданих експлуатаційних запасів питних підземних вод (ЕЗПВ) в зоні впливу Каховського водосховища [1]. Їхній аналіз дозволить визначити споживання і резерв питних підземних вод, упорядкувати водокористування шляхом оптимізації водовідбору, визначити райони із напруженим станом водопостачання як об'єктів першочергових досліджень місцевих водних ресурсів і

розробки планів вирішення проблем водопостачання за рахунок резервних водних ресурсів, в тому числі з сусідніх територій.

Автори проаналізували стан підземних вод на водозаборах із затвердженими ЕЗПВ, відповідність якісного складу нормативним вимогам, перспективи забезпечення населених пунктів якісним, безпечним для здоров'я людини централізованим водопостачанням за рахунок наявних розвіданих запасів із захищених підземних джерел.

Зона впливу Каховської ГЕС належить до території суббасейну Нижнього Дніпра, розташованої у південно-східній частині Гідрогеологічної області Українського щита (ГОУЩ), центральній частині Причорноморського артезіанського басейну (ПАБ), південно-східній частині Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну (ДДАБ) та західній частині Донецької гідрогеологічної складчастої області (ДГСО). Умови формування ресурсів питних підземних вод у цій частині України загалом є несприятливими. Так, в межах ГОУЩ, ДДАБ та ДГСО, у зоні нестійкого зволоження, середньобагаторічна норма опадів складає 499-653 мм. ПАБ розташований в зоні недостатнього зволоження із середньобагаторічною нормою опадів 386- 512 мм [2], що не сприяє формуванню значної кількості ресурсів хорошої якості.

Загалом у суббасейні Нижнього Дніпра в межах 31 територіальної громади (ТГ) у 7 адміністративних областей розвідано 1 213,101 тис. м^3/добу питних підземних вод (див. рис. 1), із яких використовується 108,231 тис. м^3/добу (8,92 %). В межах Миколаївської області розвідані ЕЗПВ відсутні.

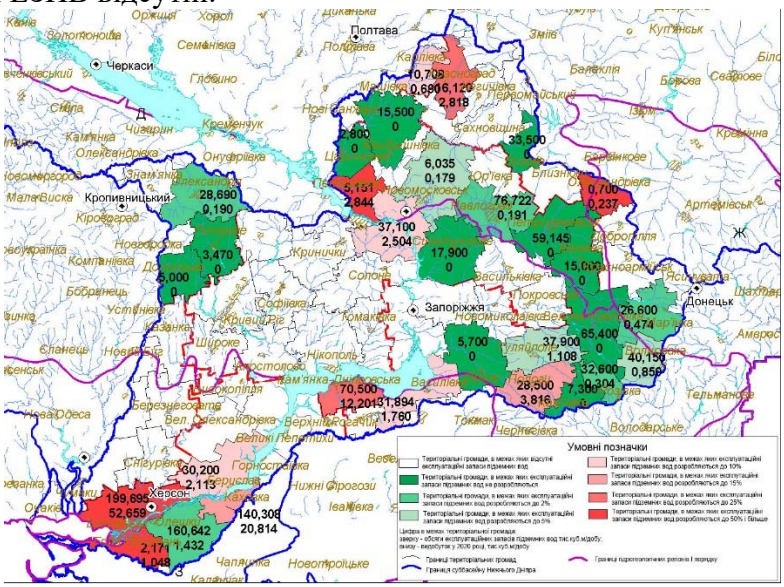


Рис. 1. Стан ЕЗПВ у суббасейні Нижнього Дніпра [3-8]

Основні (міжпластові напірні) водоносні горизонти в межах чотирьох гідрогеологічних регіонів переважно захищені від забруднення з поверхні потужними товщами слабкопроникних порід. Ґрунтові (перші від поверхні) водоносні горизонти є незахищеними. Ці особливості геологічної будови визначають не лише умови захищеності, а й умови живлення і формування хімічного складу підземних вод, оскільки інфільтрація через слабкопроникні породи у покрівлі напірних горизонтів, як правило, значно менша за інфільтраційне живлення ґрунтових вод.

Формування якісного складу підземних вод як перших від поверхні, так і основних водоносних горизонтів визначається кліматичними, геоморфологічними, гідрологічними, умовами й особливостями геолого-гідрогеологічної будови. З середини минулого століття потужним чинником впливу на формування гідродинамічних та гідрогеохімічних умов підземних вод у суббасейні Нижнього Дніпра стало Каховське водосховище. В зоні його впливу режим ґрунтових і навіть напірних міоценових підземних вод зазнав змін. Крім того, у межах суббасейну значні території зазнають впливу зрошувальних систем і магістральних каналів.

До заповнення Каховського водосховища у 1956 р. підземні води циркулювали у відкладах середнього, і частково - верхнього сармату. Дніпро був дреною для вод четвертинних і неогенових відкладів. Створення Каховського водосховища спричинило виникнення фільтраційного потоку з водосховища і, відповідно, підвищення рівня підземних вод. Ширина зони підпору на лівобережжі сягнула 40-50 км, на правобережжі – 20 км. Природне ж розвантаження вод середнього-верхнього сармату – понту здійснювалося уздовж Дніпра південніше Каховської ГЕС [9].

Руйнування греблі Каховської ГЕС призвело до порушення гідродинамічних умов, які були сформовані упродовж останніх 60 років після заповнення чаші водосховища на прилеглій до нього території. Прогнозоване зниження рівнів (напорів) підземних вод як основних експлуатаційних, так і перших від поверхні водоносних горизонтів призведе до перебудови гідродинамічної структури водоносної системи, яка існувала в цьому регіоні. Це стосується не лише зміни структури потоку, умов і величини живлення, а також змін якості підземних вод у зоні впливу Каховської ГЕС, в першу чергу у карбонатних колекторах міоцену. Змін зазнає низка водозаборів підземних вод, розташованих поблизу Каховського водосховища.

В межах ГОУЩ розвідані родовища тяжіють до лівобережних терас Дніпра, де пов’язані з піщаними алювіальними четвертинними відкладами, до Кінсько-Ялинської западини, у якій розвідані родовища у олігоцен-міоценових, олігоценових, палеоцен-еоценових верхньокрейдово-еоценових піщаних відкладах, і до піщаних алювіальних четвертинних та еоценових відкладів у долині р. Інгулець. У цій частині території максимальна кількість ЕЗПВ у кількості 70,500 тис. м^3/добу приурочена до алювіальних відкладів Кам’янсько-Дніпровської ТГ на Запоріжжі, із яких видобувається 12,201 тис. м^3/добу, що складає 17,31 % [5]. У долині Інгульця забезпечені ЕЗПВ території Олександрійської, Долинської та Петрівської ТГ. Видобуток в Олександрійській ТГ складає лише 0,190 тис. м^3/добу (0,73%). У Долинській та Петрівській територіальних громадах розвідані запаси не освоєні [6].

У Кінсько-Ялинській западині у Запорізькій області розвіданими запасами підземних вод забезпечені території Оріхівської, Пологівської, Гуляйпільської, Більмацької, Василівської ТГ. В межах Пологівської ТГ видобувається 3,816 тис. м^3/добу (13,39 %) води, Гуляйпільської – 0,929 тис. м^3/добу (6,82 %). Наразі ЕЗПВ Більмацької (7,300 тис. м^3/добу), Оріхівської (5,700 тис. м^3/добу), Василівської (26,100 тис. м^3/добу) ТГ не використовуються.

Загалом, на лівобережній частині ГОУЩ прогнозні ресурси підземних вод, визначені за даними регіональної оцінки, незначні. На Кіровоградщині у Долинській, Знам’янській, Олесандрійській, Петрівській, Новгородківській ТГ вони змінюються від 0,7 до 44,5 тис. м^3/добу, у ТГ Дніпропетровщині - від 0,2 до 46,7 тис. м^3/добу. До того ж в межах лівобережжя Дніпропетровщини, яка належить до ГОУЩ, в жодній територіальній громаді ЕЗПВ не розвідувались і не затверджувались, оскільки тут поширений в основному водоносний горизонт в тріщинуватій зоні кристалічних порід, яка відзначається складною фільтраційною неоднорідністю і загалом досить слабкою проникністю. Тому розв’язання проблеми водопостачання населених пунктів за рахунок зазначеного горизонту є проблематичним.

У межах ПАБ розвідані родовища підземних вод тяжіють до долини Дніпра, де зосереджена найбільша кількість прогнозних ресурсів підземних вод, і пов’язані із карбонатними відкладами верхнього сармату, верхнього сармату і понту, верхнього сармату і меотису, середнього-верхнього сармату і понту. ЕЗПВ розвідані у Білозірській ТГ, водовідбір у якій досягає 52,659 тис. м^3/добу (26,37%). У Бериславській ТГ видобувається 2,113 тис. м^3/добу (7,0%), у Голопристанській ТГ - 1,048 тис. м^3/добу (48,27%), у Каховській - 20,814 тис. м^3/добу (14,84 %), у Олешківській - 1,432 тис. м^3/добу (0,89%).

В межах ДДАБ більшість ТГ Дніпропетровщини забезпечені ЕЗПВ (рис. 1). Але залишились неосвоєними запаси в Царичанській (2,8 тис. м^3/добу), Магдалинівській (15,5 тис. м^3/добу), Межівській (15,00 м^3/добу), Синельниківській, (17,900 м^3/добу) Петропавлівській (59,145 м^3/добу) ТГ. У Новомосковській і Павлоградській ТГ розвідані і оцінені запаси освоєні лише на 3,16% (0,179 тис. м^3/добу) і на 0,25% (0,191 тис. м^3/добу).

У ДСГО із розвіданих 132,850 тис. м^3/добу ЕЗПВ видобувається 1,561 тис. м^3/добу, що становить 1,18 % від загальної суми. У Волноваській ТГ видобуток складає 0,850 тис. м^3/добу (2,12 %), у Мар'їнській – 0,474 тис.м^3/добу (1,78%), у Олександрівській - 0,237 тис. м^3/добу (33,86%). Запаси Великоновосілківської ТГ у кількості 65,400 тис. м^3/добу не освоєні.

Наведені вище дані свідчать, що в межах Нижнього Дніпра існують перспективи щодо забезпечення населення територіальних громад питною водою за рахунок розвіданих родовищ питних підземних вод.

Для оцінки стану ЕЗПВ у зоні безпосереднього впливу зруйнованого Каховського водосховища автори вибрали територію, обмежену границями водогосподарських ділянок, виділених з урахуванням басейнового принципу управління водними ресурсами: М5.1.3.26 (р. Дніпро від греблі Дніпровського водосховища до греблі Каховського водосховища), М5.1.3.27 (р. Дніпро від греблі Каховського водосховища до гирла, виключаючи р. Інгулець), М5.1.3.39 (Дніпровський лиман). На цій території, що належить да ПАБ і ГОУЩ, основні водоносні горизонти із затвердженими ЕЗПВ пов'язані з карбонатними колекторами у верхньосарматських, верхньосарматсько-меотис-понтичних, верхньосарматсько-меотичних, середньо-верхньо-сарматсько-меотис-понтичних, середньоміоценових відкладах, у піщаних утвореннях четвертинної системи, пліоцену, палеогену і верхньої крейди.

У ПАБ всі родовища питних підземних вод, окрім єдиного Збур'ївського у піщаних пліоцен-четвертинних відкладах, розвідані у міоценових вапняках (рис. 2). Якість підземних вод у карбонатних колекторах тут досить строката. Так, на лівобережжі Дніпра у верхньосарматських відкладах переважають гідрокарбонатні кальцієві води з мінералізацією від 0,2-0,5 до 0,9 г/дм^3. Підземні води у відкладах верхнього сармату і меотису гідрокарбонатні кальцієві води з мінералізацією 0,2-0,7 г/дм^3, сульфатно-хлоридно-гідрокарбонатні кальцієво-магнієво-натрієві з мінералізацією 0,4-0,9 г/дм^3. До середньо-верхньосарматсько-меотис-понтичних і верхньосарматсько-меотис-понтичних утворень приурочені гідрокарбонатні кальцієво-магнієві води, що мають мінералізацію 0,2-0,6 г/дм^3. На правобережжі Дніпра у відкладах верхнього сармату містяться гідрокарбонатні магнієво-нітрієві, натрієво-магнієві, гідрокарбонатно-хлоридні кальцієво-магнієві магнієво-натрієві, кальцієво-натрієво-магнієві, хлоридно-гідрокарбонатні натрієві, сульфатно-хлоридно-гідрокарбонатні магнієво-натрієві підземні води з мінералізацією від 0,2-0,3 до 0,6-0,7 г/дм^3. Підземні води середнього сармату і меотису гідрокарбонатні кальцієві, хлоридно-гідрокарбонатно-сульфатні кальцієво-магнієво-натрієві із мінералізацією від 0,2-0,7 до 1,5 г/дм^3. До відкладів середнього міоцену приурочені хлоридні натрієві води з мінералізацією 1,9-2,5 г/дм^3.

У процесі експлуатації верхньосарматських відкладів на ділянці Херсонська-2 мінералізація зросла до 2,4 г/дм^3, а по ділянці Кіндійській, що використовується для водопостачання м. Херсона, вона сягнула 3,5-4,3 г/дм^3. Це обумовлено як негативним техногенними впливом, так і проявами геохімічних процесів, що призводить до нестабільного порушеного режиму підземних вод. Аналіз досвіду експлуатації свідчить, що у переважній більшості проблеми із зростанням мінералізації в процесі розробки родовищ підземних вод, які забезпечують потреби крупних промислових і цивільних об'єктів на півдні країни, проявляються, як правило, у випадках, коли водовмісними є карбонатні породи [10].

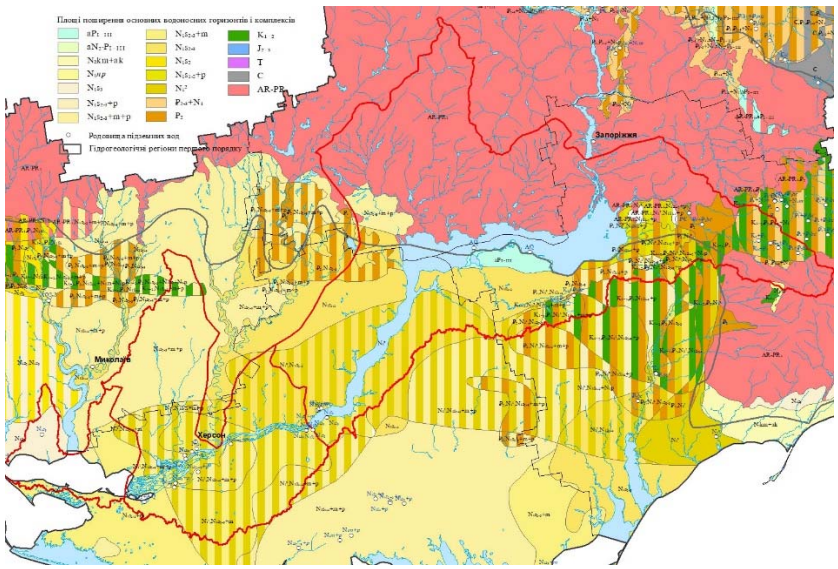


Рис. 2. Основні водоносні горизонти в зоні впливу Каховського водосховища

В межах ГОУЩ на надзаплавній терасі у долині Дніпра (берег Каховського водосховища) в алювіальних відкладах із сприятливими умовами живлення води гідрокарбонатного, кальцієвого, кальцієво-магнієвого складу з мінералізацією 0,1-0,3 г/дм^3 використовуються в м. Енергодар КП «Тепловодоканал». Підземні води у відкладах нижньої крейди-еоцену хлоридно-гідрокарбонатного натрієвого складу з мінералізацією 0,7-0,9 г/дм^3.

Нижче розглянуто можливість забезпечення населення питною водою задовільної якості з позицій використання наявних ЕЗПВ по основних водоносних горизонтах і комплексах у зоні впливу Каховського водосховища. В межах трьох водогосподарських ділянок в зоні впливу Каховського водосховища розвідано 696,510 тис. м^3/добу підземних вод (див. табл. 1), із яких використовується 96,950 тис. м^3/добу (13,92 %).

Таблиця 1. Стан ЕЗПВ зоні впливу Каховського водосховища [5, 8]

Територіальна громада	ЕЗПВ, тис. м^3/добу, кат. А+В+С$_1$	Видобуток із ЕЗПВ, м^3/добу/%	Резерв ЕЗПВ, %
Запорізька область			
Василівська	31,894	1,760/5,52	94,48
Гуляйпільська	37,900	1,107/2,92	93,18
Кам'янсько-Дніпровська	70,500	12,201/17,31	82,69
Пологівська	17,500	3,816/21,81	78,19
Оріхівська	5,700	-/0,00	100,00
Всього по області	**163,494**	**18,884/11,55**	**88,45**
Херсонська область			
Бериславська	30,200	2,113/48,27	51,73
Білозерська	199,695	52,659/26,37	73,63
Голопристанська	2,171	1,048/48,27	51,79
Каховська	140,308	20,814/14,84	83,16
Олешківська	160,642	1,432/0,89	99,11
Всього по області	**533,016**	**78,066/14,65**	**83,35**
Всього	**696,510**	**96,950/13,92**	**86,08**

Близько 69% розвіданих ЕЗПВ зосереджено у Херсонській області, решта 31% – у Запорізькій. Найефективніше освоюються ЕЗПВ у таких громадах: Бериславській 48,27% (2,113 тис.м^3/добу), Білозерській 26,37% (52,659 тис.м^3/добу), Пологівській 21,81 % (3,816 тис.м^3/добу), Кам'янсько-Дніпровській 17,31% (21,201 тис.м^3/добу), Каховській 14,83% (20,814 тис.м^3/добу). Дещо менше використовуються ЕЗПВ на території Василівської 5,52% (1,760 тис.м^3/добу) та Гуляйпільської 2,92% (1,107 тис.м^3/добу) громад. У

Олешківській громаді використання ЕЗПВ складає лише 0,89% (1,432 тис.м^3/добу). ЕЗПВ Оріхівської громади у кількості 160,642 тис.м^3/добу не використовуються.

Слід зазначити, що на переважній частині площі Запорізької області сухий залишок в підземних водах перевищує 1,0 г/дм^3 і навіть 1,5 г/дм^3, що вимагає або узгоджувати можливість використання таких вод для централізованого господарсько-питного водопостачання з органами санепідслужби, або проводити відповідну водопідготовку перед подаванням користувачу. Тільки в Кам'янсько-Дніпровській та Василівській ТГ вода за показником сухого залишку відповідає вимогам діючих норм.

Отже, на досліджуваній території є резерв не лише в неосвоєній частині запасів, але і в ресурсах підземних вод на далеку перспективу.

Крім основних у зоні впливу Каховської ГЕС поширені ґрунтові водоносні горизонти в алювіальних та еолово-делювіальних четвертинних відкладах. Вони широко використовується сільським населенням для питних і господарських потреб. Їхні якісні показники і незначні ресурси не дозволяють розглядати їх в якості джерела централізованого водопостачання.

Алювіальні піщані четвертинні відклади поширені в межах заплав і надзаплавних терас Дніпра та його приток. За хімічним складом води гідрокарбонатні кальцієво-магнієві із мінералізацією 0,1-1,3 г/дм^3, часто з підвищеним вмістом заліза (до 2-3 мг/дм^3).

Водоносний горизонт у суглинистих еолово-делювіальних четвертинних відкладах поширений практично повсюдно на вододілах. За хімічним складом води гідрокарбонатні кальцієво-магнієві, гідрокарбонатно-хлоридні магнієво-кальцієво-натрієві, сульфатно-гідрокарбонатні, хлоридні натрієві з мінералізацією від 0,9-3 до 8-10 г/дм^3. Підвищену мінералізацію спричиняють процеси континентального соленакопичення в породах зони аерації. Серед аніонів у цьому випадку переважають сульфати і хлориди, а мінералізація часто перевищує нормативні значення (до 8-10 г/дм^3). Ґрунтові води незахищені, тому практично повсюдно забруднені нітратами; вміст яких тут може перевищувати 1 000 мг/дм^3, в окремих випадках сягає 1 920 мг/дм^3.

Висновки

1. У ситуації, що склалася після руйнування греблі Каховської ГЕС, підземні води напірних водоносних горизонтів є єдиним надійним і захищеним джерелом господарсько-питного водопостачання.

2. Забезпеченість ЕЗПВ у суббасейні Нижнього Дніпра є нерівномірною. Родовища підземних вод з оціненими ЕЗПВ тяжіють до долини Дніпра, Кінсько-Ялинської западини та долини р. Інгулець. У ТГ Миколаївської області ЕЗПВ відсутні.

3. Використання ЕЗПВ для господарсько-питних потреб переважно є незначним, існують достатній резерв питних підземних вод і перспективи щодо забезпечення населення питною водою за рахунок розвіданих родовищ питних підземних вод.

4. Хімічний склад основних водоносних горизонтів у межах суббасейну Нижнього Дніпра є строкатим. Мінералізація підземних вод часто перевищує нормовані показники, що потребує проведення водопідготовки.

5. Руйнування греблі Каховської ГЕС призвело до перебудови гідродинамічної структури водоносної системи регіону та обумовило зміни якості води. На родовищах в зоні впливу Каховської ГЕС обов'язково слід забезпечити проведення операційного моніторингу підземних вод.

Список використаних джерел:

1. Загальнодержавна цільова соціальна програма "Питна вода України" на 2022–2026 рр. (розпорядження Кабінету Міністрів України від 28 квітня 2021 р. № 388-р.

2. Стан підземних вод України. Щорічник. ДНВП «Геоінформ України», Київ 2021 р.126 с.

Державний баланс запасів корисних копалин на 1.01.2021 р.

3. Підземні питні і технічні води. – Вип. 19. – Кн. 5: Дніпропетровська область. – Київ: ДНВП “Геоінформ України”, 2021. – 22 с.
4. Державний баланс запасів корисних копалин на 1.01.2021 р. Підземні питні і технічні води. – Вип. 19. – Кн. 6: Донецька область. – Київ: ДНВП “Геоінформ України”, 2021. – 66 с.
5. Державний баланс запасів корисних копалин на 1.01.2021 р. Підземні питні і технічні води. – Вип. 19. – Кн. 9: Запорізька область. – Київ: ДНВП “Геоінформ України”, 2021. – 32 с.
6. Державний баланс запасів корисних копалин на 1.01.2021 р. Підземні питні і технічні води. – Вип. 19. – Кн. 12: Кіровоградська область. – Київ: ДНВП “Геоінформ України”, 2021. – 29 с.
7. Державний баланс запасів корисних копалин на 1.01.2021 р. Підземні питні і технічні води. – Вип. 19. – Кн. 15: Миколаївська область. – Київ: ДНВП “Геоінформ України”, 2021. – 17 с.
8. Державний баланс запасів корисних копалин на 1.01.2021 р. Підземні питні і технічні води. – Вип. 19. – Кн. 22: Херсонська область. – Київ: ДНВП “Геоінформ України”, 2021. – 39 с.
9. Соболевский Э.Э. и др. Обобщение материалов по перспективной оценке эксплуатационных запасов подземных вод Украинской ССР, 1978-81 гг.
10. Лютий Г.Г., Саніна І.В., Фактори погіршення якості підземних вод у процесі експлуатації водозаборів в Україні // Збірник Наукових праць, УкрДГРІ, № 1, 2011р., с. 91-103.

УДК 626.81

НОВІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД ЗА УМОВИ ВПЛИВУ ТЕХНОГЕНЕЗУ, ЗБРОЙНИХ ДІЙ ТА ЗМІН КЛІМАТУ

***Удалов І.В.*[1]**, *д. геол. н., професор, igorudalov8@gmail.com;*
***Кононенко А.В.*[1]**, *к. геол. н., kononenko_alina01@ukr.net;*
***Яковлєв Є.О.*[2]**, *д. т. н., с. н. с, yakovlevhydro@gmail.com;*
1 – Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна;
2 – Інститут телекомунікацій та глобального інформаційного простору НАН України, Київ, Україна

У відповідності з геологічною будовою на території України виділено 11 басейнів підземних вод (БПВ) та гідрогеологічних областей (ГГО). При цьому підземне водокористування розвинуто переважно в межах артезіанських БПВ. Прогнозні ресурси питних підземних вод України сягають 21 млрд м^3/рік (40 % від загального об'єму водних ресурсів місцевого формування) і мають достатню захищеність від техногенного забруднення та впливу глобальних змін клімату (ГЗК-потепління, підвищення випаровування з водної поверхні та ін.). У сучасній структурі господарчо-питного водопостачання (ГПВ) поверхневі води є джерелом питного водопостачання для понад 70 % населення України, що обумовлює високу вразливість якості питних вод за умови збройних дій, неконтрольованого затоплення шахт та ін. (басейн р. Десна, Донбас та ін.). Найбільший рівень споживання води спостерігався в Центральній та Східній Україні. В багатьох населених пунктах питна вода за фізико-хімічними показниками (загальна мінералізація, жорсткість, вміст заліза, фтору тощо) не відповідає вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». Виконаний аналіз засвідчив, що за останні 20 років кількість осередків забруднення вод виросла більш ніж учетверо. В той же час за період 1995-2020 рр. частка підземних вод у складі ПГВ зменшилася до 4 разів і зараз сягає 1,4 млрд м^3/рік (4,0 млн м^3/добу).

NEW ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF THE GROUNDWATER USE UNDER THE CONDITIONS OF THE INFLUENCE OF TECHNOLOGY, ARMED ACTIONS AND CLIMATE CHANGE

***Udalov I.*[1]**, *Dr. Sci. (Geol.), Prof., igorudalov8@gmail.com;*
***Kononenko A.*[1]**, *PhD (Geol.), kononenko_alina01@ukr.net;*
***Yakovlev Ye.*[2]**, *Dr. Sci. (Eng.), senior researcher, yakovlevhydro@gmail.com;*
1 – V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine;
2 – Institute of Telecommunications and Global Information Space of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

In accordance with the geological structure, 11 underground water basins (UGWB) and hydrogeological regions (HGR) have been allocated on the territory of Ukraine. At the same time, underground water use is developed mainly within artesian UGWB. The forecast resources of drinking groundwater of Ukraine reach 21 billion m^3/year (40 % of the total volume of water resources of local formation) and have sufficient protection from man-made pollution and the influence of global climate changes (GCC-warming, increased evaporation from the water surface, etc.). In the modern structure of drinking and economic water supply (DEWS), surface water is the source of drinking water supply for more than 70 % of the population of Ukraine, which determines the high vulnerability of the quality of drinking water in the event of armed actions, uncontrollable flooding of mines, etc. (basin of the Desna River, Donbas etc.). The highest level of water consumption was observed in Central and Eastern Ukraine. In many settlements, drinking water does not correspond the requirements of DSanPiN 2.2.4-171-10 "Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption" according to physical and chemical indicators (total mineralization, hardness, capacity of iron, fluorine, etc.).

Вступ. Зважаючи на стан поверхневих джерел водопостачання, в Україні актуальною є проблема еколого-ресурсної оптимізації системи господарсько-питного водопостачання на базі розвитку систем підземної складової ГПВ. Хоч ресурси підземних вод в державі теж обмежені й нерівномірно розповсюджені, проте у більшості регіонів є доцільним розвиток підземного питного водопостачання (наприклад, Київ, Львів, Сімферополь та інші міста). Повоєнне відновлення у регіонах України ГПВ за умови підвищення його екологічної безпеки буде пов'язано зі збільшенням використання підземних вод. На нашу думку, цей підхід вимагає врахування досвіду, який був

накопичений у попередні роки та стосувався змін екологічного стану підземної гідросфери.

При цьому слід врахувати, що сьогодні більшість країн Західної Європи у водопостачанні надають перевагу підземним водам (Австрія, Великобританія, Данія, Німеччина, Франція) [Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС].

Метою статті є систематизація еколого-гідрогеологічних факторів для обґрунтування стратегії переходу до використання підземних вод, як фактору підвищення екологічної безпеки життєдіяльності населення та національної безпеки держави.

Основний матеріал дослідження. Аналіз даних багаторічного моніторингу підземної гідросфери (50-60 років і більше) у зонах впливу групових водозаборів свідчить про те, що у процесі розробки родовищ підземних вод можуть проявитись негативні фактори водовідбору як у водоносних горизонтах і регіональних водотривах, так і у пов'язаних з ними екосистемах навколишнього природного середовища (НПС): поверхневій гідросфері та біосфері. Отримані результати з оцінки регіональних змін екологічного стану підземної гідросфери в останні десятиріччя, навіть за умови зменшення підземного водовідбору, свідчать про необхідність поглибленого вивчення умов формування експлуатаційних запасів в результаті потужного гідравлічного збудження, а також екологічних проблем, що виникають в цей період. Тому, на нашу думку, при повоєнному відновленні підземного водовідбору та розвідці нових родовищ питних підземних вод необхідно буде звертати увагу не тільки на кількісну складову експлуатаційних запасів підземного водовідбору та їх якісні показники, а й на проблеми, які виникають у зв'язку із впливом на НПС, перш за все порушення природного водообміну. Тобто, у процесі формування та розвитку повоєнного підземного водовідбору (якому на наш погляд немає альтернативи) разом з удосконаленням екологічного моніторингу підземної гідросфери (відновлення мережі спостережних свердловин, використання ГІС-технологій та технологій ДЗЗ, математичних моделей) та новим етапом регіональної переоцінки прогнозних ресурсів питних підземних вод (ПР ППВ), необхідно також обґрунтування та параметризація відповідних природоохоронних обмежень, які встановлюються при затвердженні запасів підземних вод у відповідності з вимогами ЄС (ЄС ВРД 2000/60, ISO та ін.) та враховуючи досвід попередньої експлуатації.

Нижче наведено дані щодо забору води з природних водних об'єктів в Україні, загального водовідведення в 1990-2020 рр. та прогнозні експертні показники удосконалення регіональних екологічних параметрів підземного водокористування на території України на період 2025-2040 рр. (табл. 1, 2)

Таблиця 1. Забір води із природних водних об'єктів і загальне водовідведення в Україні протягом 1990-2020 рр., млрд м^3/рік

Забір/Водовідведення	Рік						
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Забір води з водних об'єктів, всього	35,6	25,9	18,3	15,1	14,8	9,7	11,1
Забір води з підземних водних об'єктів, всього	5,7	4,9	3,4	2,6	2,0	1,2	0,8
% підземного водокористування	16,0	18,9	18,5	17,2	13,5	12,4	7,2

Таблиця 2. Прогнозні експертні показники удосконалення регіональних екологічних параметрів підземного водокористування на території України на період 2025-2040 рр.

№ з/п	Перелік екологічних показників водокористування	Сучасний рівень	Рівень екологічної оптимізації на 2040 рік
1	Водоємкість одиниці ВНП ($м^3$/1$): Україна США	1,5$м^3$/1$ ≈ 0,3–0,4$м^3$/1$	До 0,8–1,0$м^3$/1$
2	Рівень якості водних ресурсів, що використовуються у системах питно-господарчого водопостачання	До 40-50 % вод питно-господарчого призначення за окремими показниками не відповідають Державному стандарту «Вода питна»	Використання господарчо-питних вод із 100 % відповідністю Державному стандарту «Вода питна»
3	Рівень зарегульованості поверхневого стоку	До 80 %	Зниження до 45-50 %, переважно у басейнах середніх та малих річок
4	Зменшення площі розораності річкових басейнів Дніпра, Дністра, Південного Бугу, Сіверського Дінця тощо	55–87 %	35–55 %
5	Оптимізація водно-екологічних умов гірничопромислових районів	Переважно некероване затоплення шахт і кар'єрів у Донбасі, Кривбасі, Карпатському регіоні (Солотвинський, Калушський, Стебницький комплекси)	Керування режимом рівнів та хімічним складом підземних та поверхневих вод у процесі закриття шахт

Таким чином, у відповідності із викладеним вище, при формуванні повоєнного підземного водовідбору вже зараз необхідно враховувати вплив наступних науково-методичних, нормативних та інженерно-геологічних факторів:

- оцінка сучасного стану екологічного моніторингу підземної гідросфери як динамічної складової геологічного середовища (ГС), визначення напрямків його удосконалення та розвитку на регіональному (басейновому), територіальному та об'єктному рівнях;
- формування стратегії стійкого збільшення використання питних підземних вод у складі повоєнного ГПВ як фактору підвищення екологічної безпеки життєдіяльності населення та національної безпеки держави за умови надзвичайних ситуацій збройного, техногенного та кліматичного походження (див. табл. 1, 2);
- еколого-гідрогеологічна оцінка в межах гідрогеофільтраційного впливу експлуатаційної розробки родовища підземних вод техногенних об'єктів, які є потенційними джерелами забруднення (накопичувачі токсичних стоків, шламовідстійники, поля фільтрації, каналізаційні та технологічні трубопроводи, промислові та побутові звалища); про ці об'єкти необхідно уточнити наступні параметри: речовинний склад накопичень, їх токсикологічна характеристика, інженерний захист зазначених небезпечних споруд, передбачений у проекті і реалізований при їх побудові, сучасний стан цих споруд, відповідність їх технічних характеристик реальним сучасним навантаженням;
- уточнення або переоцінка в межах формування водовідбору при розробці родовища планових гідрогеологічних меж, які можна схематизувати як межі першого,

другого та третього роду; у відповідності із цими межами має бути обладнана відповідна спостережна мережа, яка б дозволяла за даними цієї розробки уточнити не тільки достовірні гідрогеологічні параметри, а й оцінити можливість забруднення цільового водоносного горизонту. При цьому характер спостережної мережі залежить від наявних природних умов;

- удосконалення контролю можливого обсягу перехоплення поверхневого стоку, який у наслідок аномального зарегулювання річкової мережі України (до 70 %), зменшення захищеності підземних вод внаслідок активізації підтоплення та збройного руйнування численних потенційно небезпечних об'єктів (басейни рр. Дніпро, Дністер, Сіверський Донець, Південний Буг та ін.) на багатьох ділянках зменшив екологічний захисний потенціал річкової біологічної системи; тому при експлуатації водозаборів підземних вод в таких умовах зниження рівнів в експлуатаційних свердловинах не повинне забезпечувати перехоплення річкового стоку більше від граничної межі;
- перегляд та узгодження з природоохоронними органами гранично припустимих знижень рівня на діючих та проектних підземних водозаборах враховуючи активний розвиток забруднення ґрунтового водоносного горизонту (першого від денної поверхні), як розподіленого джерела ГПВ та еколого-гідрогеохімічної границі зони нижче залягаючих напірних горизонтів зони активного водообміну.

Треба зауважити, що при дослідно-промисловій експлуатації родовища, пов'язаного із напірним водоносним горизонтом, такі проблеми практично не виникають, оскільки інфільтрація через слабо проникні породи у покрівлі цього горизонту, як правило, значно менша ніж інфільтраційне живлення ґрунтових вод; якщо ж фільтрація через слабо проникний шар велика, то проблеми негативного впливу ґрунтових вод навіть при розробці напірних водоносних горизонтів вимагають врахування на стадіях розвідувально-гідрогеологічних та експлуатаційних робіт;

- нормативне врахування змін гідрогеомеханічного стану зони впливу підземного водовідбору при експлуатації водозаборів, розташованих в межах поширення слабо літифікованих суфозійно- та пливунно-здатних порід, які при зниженні рівнів або осушенні можуть змінювати структуру і об'єми. До таких порід відносяться, перш за все, торфи та різнозернисті піски; в практиці експлуатації багатьох водозаборів у Поліссі, Придніпров'ї та Криму відомі випадки, коли утворювались воронки просідання, розтріскування, в результаті чого були пошкоджені шосейні і навіть залізничні мости і дороги, території житлової та промислової забудови, які свого часу споруджувались без попереднього врахування змін гідрогеомеханічного стану породного масиву при підземному водовідборі;
- оцінка і прогноз довгострокових змін гідрогеохімічних умов з урахування техногенезу ландшафтно-геохімічних умов, перетоків некондиційних вод із суміжних горизонтів, дифузійно-фільтраційного переносу мінералізованих порових розчинів із суміжних слабо проникних (водотривких) шарів.

На нашу думку, до показників гідрогеохімічної обстановки слід також віднести речовинний склад обводненої частини геологічного розрізу, яка осушується у процесі експлуатаційного водовідбору; справа у тому, що при зниженні рівня підземних вод наявні у цій частині хімічні з'єднання попадають в зону інтенсивного окислення атмосферним киснем, в результаті чого можуть утворюватися розчинні речовини, які розчиняються інфільтраційними водами і при їх міграції попадають у цільовий водоносний горизонт з загрозою його забруднення;

Висновки. Для того, щоб врахувати при експлуатації вищенаведені проблеми, які стосуються екологічних питань, на ділянці родовища повинна бути обладнана мережа спостережних свердловин, яка б враховувала необхідність вирішення зазначених проблем в конкретних умовах. Одне з основних завдань при цьому є вивчення впливу відкачки на рівні підземних вод цільового і суміжних водоносних горизонтів.

Зазвичай спостережні свердловини в безмежному водоносному горизонті в ізотропному фільтраційному середовищі розташовують у вигляді променів, в анізотропному середовищі або при наявності планової межі біля водозабору розбурюються як мінімум два промені спостережних свердловин. Як правило один з них орієнтований паралельно, а другий перпендикулярно межі.

Сучасний аналіз еколого-водно-ресурсного стану України свідчить, що незважаючи на сучасний економічний стан, в її межах функціонує водомісткий виробничий комплекс, який не відповідає відновлюваній спроможності поверхневих і підземних водних екосистем. Тому водно-екологічна оптимізація функціонування ВГК на основі стратегії сталого збільшення підземного водокористування, захищеного від прямого впливу збройних, техногенних та кліматичних факторів є важливим чинником, що впливає на стан національної, техніко-економічної та соціально-екологічної безпеки України.

Список використаних джерел:

Шестопалов В.М., Огняник Н.С., Дробноход Н.И. и др. Водообмен в нарушенных условиях. //в кн.: Водообмен в гидрогеологических структурах Украины. – К.; Наук. думка, 1991. – 528 с.

Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання та водовідведення в Україні у 2022 р. Мінрегіонрозвитку України, Київ, 2023р., 664 с.

Яковлєв Є.О. Оцінка впливу порових розчинів регіональних слабопроникних шарів на формування якості ресурсів питних підземних вод. Мінеральні ресурси України, № 1, 2011, с. 37-46.

Удалов И.В.Трансформация геологической среды под влиянием техногенных процесов (в условиях северо-восточного Донбаса). Харьков, ХНУ им. В.Н. Каразина 2016, 176 с.

Dr Ye.Yakovlev, Dr Ser. Chumachenko. Ecological Threats in Donbas,Ukraine. Canada,Centre for Humanitarian Dialogue, 2017, 60p.

УДК 502/504, 556

ОХОРОННІ ЗОНИ ВОДОЗАБОРІВ ПІДЗЕМНИХ ВОД В КОНТЕКСТІ ІНТЕГРАЦІЇ ДО ЄС ТА ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАКОНОДАВЧИХ ПІДХОДІВ

Костенко Є.А., *kostenkogenja@gmail.com;*
ФОП Костенко Євгеній Анатолійович, Львів, Україна

Порівняльний аналіз законодавства ЄС, у сфері зон санітарної охорони, та обґрунтування необхідності адаптації національної нормативної бази. Доведено, що гармонізація вітчизняного законодавства та імплементація найкращих європейських практик є ключовим кроком для побудови ефективної та сучасної системи управління водними ресурсами.

PROTECTION ZONES OF GROUNDWATER INTAKES IN THE CONTEXT OF EU INTEGRATION AND COMPARATIVE ANALYSIS OF LEGISLATIVE APPROACHES

Kostenko Ye., *kostenkogenja@gmail.com;*
Individual Entrepreneur Kostenko Yevhenii Anatoliiovych, Lviv, Ukraine

Comparative analysis of EU legislation in the field of sanitary protection zones and justification of the need to adapt the national regulatory framework. It is proven that the harmonization of domestic legislation and the implementation of best European practices is a key step in building an effective and modern water resources management system.

Україна, як держава-кандидат на вступ до Європейського Союзу, активно працює над адаптацією свого законодавства до норм та стандартів ЄС. Цей процес охоплює різні сфери, зокрема екологію, що є одним із ключових аспектів європейської інтеграції. Прагнення до членства в ЄС вимагає від України більш ретельного та системного підходу до формування екологічної політики, особливо в частині захисту водних ресурсів, яким Європейський Союз приділяє значну увагу, особливо в частині захисту водних ресурсів.

Європейський Союз приділяє значну увагу збереженню якості вод, зокрема тих, що використовуються для питного водопостачання, що відображено в Директивах ЄС[4]. Відповідно, гармонізація українського законодавства з європейським стає необхідним кроком для досягнення європейських стандартів захисту довкілля.

Імплементація цих стандартів і вимог а також участь в міжнародних проєктах є частиною євроінтеграційного процесу України та сприяє гармонізації національного законодавства з європейськими стандартами у сфері охорони навколишнього середовища.

Важливим елементом цього процесу є дотримання Водної Рамкової Директиви 2000/60/ЄС[4], а також її «дочірніх» директив, як-от Директива 2006/118/ЄС [5] про захист підземних вод. Ці документи встановлюють засади управління водними ресурсами з метою запобігання погіршенню їх стану та забезпечення сталого використання. Стаття 7 Директиви 2000/60/ЄС[4] наголошує на необхідності захисту водних масивів, що використовуються для питного водопостачання, та прямо передбачає можливість створення для них охоронних зон.

Прагнення України до повноправного членства в Європейському Союзі зумовлює необхідність всебічної адаптації національного законодавства зокрема в екологічній сфері. Цей процес є особливо критичним у контексті охорони водних ресурсів[1,2], враховуючи їхнє стратегічне значення для забезпечення здоров'я населення.

Важливим компонентом захисту підземних питних вод від забруднення і безпечності їх використання , який потребує особливої уваги є зони санітарної охорони водозаборів, оскільки їх встановлення та функціонування є ключовим інструментом для запобігання забрудненню підземних вод, що використовуються для питних потреб.

Перегляд підходів до зон санітарної охорони є не лише технічною необхідністю, а й ключовим кроком на шляху до сталого розвитку. Запропонована модернізація безпосередньо відповідає глобальним принципам ESG (Environmental, Social, Governance).

Вона зміцнює екологічну стійкість (E) шляхом ефективного захисту водних ресурсів, забезпечує соціальну безпеку (S) через гарантований доступ населення до чистої води, а також демонструє належне управління (G) завдяки прозорості та обґрунтованості рішень. Такий підхід дозволить Україні розробити ефективні та адаптовані до своїх умов нормативні акти, що гармонізують європейські стандарти з національною специфікою.

Системи Зон санітарної охорони (ЗСО), які функціонують у європейських країнах, довели свою ефективність як ключовий інструмент для запобігання забрудненню підземних вод. Досвід цих держав, що напрацьовувався протягом тривалого часу, є переконливим доказом дієвості такого підходу. Це свідчить про те, що вони є надійним та ключовим інструментом для запобігання забрудненню підземних вод і забезпечення безпечності питного водопостачання.

Враховуючи відсутність єдиної, уніфікованої "регіонально-європейської" методології, адаптація законодавства у сфері зон санітарної охорони є критично важливою для України. Замість сліпого копіювання норм, для України є вкрай необхідним проведення глибокого порівняльного аналізу законодавчих підходів країн-членів ЄС, які мають успішний багаторічний досвід у сфері захисту водозаборів підземних вод. Це дозволить не лише зрозуміти, які європейські директиви необхідно імплементувати, а й виявити спільні принципи, що лежать в основі ефективних систем.

Такий аналіз є ключовою методологічною основою для розробки ефективних, науково обґрунтованих та адаптованих до національних гідрогеологічних, кліматичних і соціально-економічних умов нормативних актів.

Особливу увагу варто звернути на відмінності, що виникають при організації першого поясу ЗСО (зони суворого режиму), який у вітчизняному варіанті встановлюється без проведення індивідуальних розрахунків і базується на загальних принципах захищеності водоносного горизонту.

Для простоти порівняння вимоги до обґрунтування меж поясів ЗСО можна звести в таблиці.

Таблиця 1. Порівняльна таблиця вимог до розмірів першого поясу санітарної охорони водозаборів

Країна	Назва зони I (аналог «першого поясу»)	Вимоги до розмірів зони I
Франція	Périmètre de protection immédiate (Зона негайного захисту)	Немає фіксованих розмірів. Визначається на основі детальних гідрогеологічних досліджень для кожного окремого водозабору.
Великобританія	Inner Protection Zone (Внутрішня зона захисту)	Мінімальний радіус 50 метрів, або, визначається за часом проходження води 50 днів.
Німеччина	Fassungsbereich (Зона джерела / Зона видобутку)	Мінімальний радіус від 10 до 30 метрів.
Польща	Strefa ochrony bezpośredniej (Зона негайної охорони)	Фіксований мінімальний радіус від 8 до 10 метрів.
Україна	Зона суворого режиму першого пояс зони сантіарної охорони	Фіксований мінімальний радіус від 30/15 до 50/25 метрів. [3]

Аналіз даних показує, що українські норми [3] є одними з найсуворіших у частині фіксованих мінімальних розмірів. Проте ключовий недолік Української системи полягає в її негнучкості. Законодавство не дозволяє зменшувати нормативні розміри зони навіть за

наявності детального гідрогеологічного обґрунтування. Такий формальний підхід не завжди є ефективним.

Особливо це проявляється в одному з прикладів, коли водоносний горизонт має низькі фільтраційні властивості, а обсяг видобутку води незначний. У таких випадках гідрогеологічні розрахунки можуть показати, що другий пояс зони санітарної охорони менший за перший, визначений чинними нормативами.

У цьому контексті доцільно було б запозичити досвід Франції [11,12], де розміри зони повністю обґрунтовуються науково, або ж розглянути можливість зменшення мінімальних радіусів до рівнів, прийнятих у Німеччині [17] та Польщі [18] меж і прийняти їх в зменшеному вигляді після ретельного гідрогеологічного обґрунтувавання.

На рахунок обґрунтованості розмірів II та III поясів зон санітарної охорони (ЗСО) у міжнародному законодавстві аналогічний до вітчизняного підхід, який базується на аналізі чинників впливу. Так, II пояс призначений для захисту від бактеріологічного забруднення, а III пояс запобігає хімічному забрудненню.

Таблиця 2. Порівняльна таблиця вимог до розмірів другого поясу санітарної охорони водозаборів

Країна	**Назва зони II (аналог «другого поясу»)**	**Вимоги до розмірів зони II**
Франція	Périmètre de protection rapprochée (Зона найближчого захисту)	Немає фіксованих розмірів. Визначається на основі детальних гідрогеологічних досліджень для кожного окремого водозабору.
Великобританія	Outer Protection Zone (Зовнішня зона захисту)	Мінімальний радіус 250 або 500 метрів, також може визначається за часом проходження води 400 днів.
Німеччина	Engere Schutzzone - Вужча зона захисту	Мінімальний радіус 50 або 100 метрів, також може визначається за часом проходження води від 50 днів.
Польща	Strefa ochrony pośredniej (Зона посередньої охорони)	Визначається на основі індивідуальних розрахунків, які враховують час проходження води від 25 до 200 днів.
Україна	Зона другого поясу зони санітарної охорони	Визначається на основі розрахунків з врахуванням часу проходження води 100 до 400 днів[3].

Щодо другого (зона бактеріологічного захисту) поясів ЗСО, принципи їх розрахунку в Україні та країнах ЄС є подібними. Вони ґрунтуються на розрахунковому часі транзиту забруднюючих речовин до водозабору, а не на абстрактних відстанях. Проте Французький підхід демонструє більшу варіативність та адаптивність.

Таблиця 3. Порівняльна таблиця вимог до розмірів третього поясу санітарної охорони водозаборів

Країна	**Назва зони III (аналог «третього поясу»)**	**Вимоги до розмірів зони III**
Франція	Périmètre de protection éloignée (Зона віддаленого захисту)	Немає фіксованих розмірів. Визначається на основі детальних гідрогеологічних досліджень для кожного окремого водозабору в межах потенційної зони живлення водоносного горизонту.
Великобританія	Total Catchment	Визначається на основі індивідуальних

	(Загальний водозбір)	розрахунків згідно з методичним посібником, виданим Environment Agency [14].
Німеччина	Weitere Schutzzone – (Ширша зона захисту)	Визначається на основі індивідуальних розрахунків [17].
Польща	Strefa ochrony zewnętrznej (Зона посиленої охорони)	Визначається на основі індивідуальних розрахунків для 25 річного терміну[18].
Україна	Зона третього поясу зони санітарної охорони	Визначається на основі індивідуальних розрахунків для 25 річного терміну[3].

Розглядаючи вимоги до третього поясу зони санітарної охорони (зона хімічного захисту) [13] можна побачити, що вітчизняне законодавство має аналог у Польському де також визначається розрахунком на 25 річний термін[18], а в свою чергу Франція[12], Великобританія[14] та Німеччина[17] визначають його більш науково-обґрунтовано, на основі індивідуального підходу з врахуванням всієї зони живлення продуктивного горизонту, що відповідно може включати досить значні території.

Отже, у Франції акцент робиться на ефективності захисту, а не на дотриманні певних фіксованих радіусів, що дозволяє максимально адаптувати заходи до конкретних геологічних та гідрогеологічних умов. адміністративні циркуляри та технічні посібники такі як Déclaration d'Utilité Publique - DUP) [11], яка включає в себе визначення периметрів захисту, BRGM – Bureau de Recherches Géologiques et Minières[12], або Міністерства охорони здоров'я[9].

Окремо як більш консервативна Великобританія розглядає також зону поза межами водозабору яка може впливати на водозабір опосередковано. Zone of Special Interest (Зона особливого інтересу)[14]. Ця зони можуть бути визначені для певних джерел ґрунтових вод, щоб виділити території (в основному, на неводоносних шарах), де відомі місцеві умови означають, що потенційно забруднюючі дії можуть вплинути на джерело ґрунтових вод, навіть якщо ця територія знаходиться за межами звичайного водозбору цього джерела

Німецький підхід до зон захисту питної води[16] є одним із найсуворіших та найкомплексніших у світі, поєднуючи фіксовані мінімальні радіуси зон з детальними гідрогеологічними розрахунками для інших зон. Особливо це вказано в галузевих документах Wasserhaushaltsgesetz (WHG) [16]: Федеральний закон про водне господарство, який є рамковим документом. Landeswassergesetze (Закони про воду федеральних земель. DVGW-Arbeitsblatt W 101 (Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete) [17]: Це ключовий технічний стандарт, розроблений Німецькою асоціацією газу та води. Він надає дуже детальні інструкції, методики, розрахункові формули та критерії для визначення меж усіх трьох зон. Цей документ є фактично "біблією" для гідрогеологів, які працюють у цій галузі в Німеччині.

Польська система[18, 19] подібна до вітчизняної і поєднує фіксовані мінімальні розміри для найближчої зони, але дозволяє індивідуальні гідрогеологічні розрахунки для других та третіх поясів зон, що дозволяє адаптувати захист до місцевих умов при збереженні базових стандартів безпеки.

Усі розглянуті країни Європи використовують багатозонний підхід до захисту водних ресурсів. Проте європейські підходи демонструють більшу варіативність та адаптивність. У той час як Франція[11, 12, 13] повністю покладається на наукове обґрунтування, Великобританія[14] та Німеччина[17] поєднують фіксовані мінімуми для найближчих зон із детальним моделюванням для ширших зон. Такий комбінований підхід є найбільш адаптивним і дозволяє забезпечити ефективний захист питних вод, враховуючи як загальні стандарти безпеки, так і унікальні геологічні умови кожного водозабору та території яка розташована в межах водоносного горизонту, що експлуатується.

Сучасні вітчизняні системи обрахунків розмірів зон санітарної охорони (ЗСО) та їх нормативний опис значною мірою є спадком, що зберігся з часів СРСР. Ця нормативна база, закладена в радянський період, продовжує функціонувати в українському законодавстві через складність комплексного реформування галузі. Історично радянська модель класифікації та зонування була запозичена в 1930-х роках, спираючись на базові принципи німецького законодавства того періоду.

Основний принцип вітчизняної системи полягає у встановленні нормативно фіксованих відстаней для поясів ЗСО, які розраховуються переважно «в плані» (у двовимірній проекції) [3], без належного врахування комплексу гідрогеологічних факторів, таких як тривимірна структура потоків, неоднорідність фільтраційних властивостей порід та інші.

Такий уніфікований і консервативний підхід є дієвим, однак він часто використовується через брак досвіду, спрощені розрахунки або неможливість зібрати й обробити необхідний обсяг гідрогеологічної інформації. Це робить його доступним для фахівців, які не мають спеціалізованої освіти або необхідного програмного забезпечення.

Водночас, розвиток технологій математичного моделювання та сучасних обчислювальних можливостей надає фахівцям потужний інструментарій для гнучкого та науково обґрунтованого визначення меж ЗСО. Це, у свою чергу, дозволяє відступати від нормативних розмірів[3 ,7, 8], за умови гідрогеологічного обґрунтування та дозволеності такого рішення, більш раціонально використовувати земельні ресурси та водночас забезпечувати вищий рівень ефективності захисту джерел питного водопостачання.

Окрім суто гідрогеологічних факторів, важливим елементом європейського підходу до захисту водних ресурсів є диференціація нормативів залежно від важливості та обсягу водоспоживання. В Україні існуючі норми часто застосовуються однаково як до великих комунальних підприємств, що забезпечують питною водою цілі міста, так і до невеликих приватних водозаборів. Такий універсальний підхід не завжди є раціональним, оскільки він створює необґрунтовані адміністративні та фінансові навантаження на дрібних водокористувачів.

Натомість, у країнах ЄС підходи до захисту водозаборів можуть суттєво відрізнятися. Наприклад, у Німеччині правила, викладені у Wasserhaushaltsgesetz (WHG) [16] та технічному стандарті DVGW-Arbeitsblatt W 101[]17, передбачають різні вимоги до "громадського водопостачання" (öffentliche Wasserversorgung) та "приватного водокористування" (private Nutzung). В Великобританії Агентство з навколишнього середовища (Environment Agency) визначає зони захисту джерел (Source Protection Zones) [14] для джерел, що використовуються для громадського водопостачання, і їхні розміри корелюються з обсягами водозабору[15]. Це підтверджує, що норми є гнучкими та адаптуються до потреб конкретного об'єкта, що дозволяє уникнути необґрунтованих обмежень для невеликих водокористувачів. Такий підхід забезпечує економічну доцільність та справедливий розподіл обмежень, що дозволяє зберегти найвищі стандарти захисту для стратегічних об'єктів водопостачання, одночасно не обмежуючи необґрунтовано землевласників або землекористувачів.

Також необхідно згадати що невід’ємною та фундаментальною частиною європейських систем охорони водних ресурсів є довгостроковий моніторинг якості води, принципи якого закладені у Водній Рамковій Директиві (ВРД) 2000/60/ЄС[4] та деталізовані у її дочірній Директиві про підземні води 2006/118/ЄС[5]. Ця система виходить далеко за межі простої періодичної перевірки на відповідність нормативам. Її ключова мета — продуктивне управління ресурсами на основі науково обґрунтованих даних, що є втіленням принципу обережності (precautionary principle) в екологічній політиці ЄС.

Хоча «стабільний хімічний аналіз» не є юридичним терміном, він відображає суть вимог Водної Рамкової Директиви ЄС: регулярний моніторинг для своєчасного виявлення негативних тенденцій (наприклад, зростання концентрації нітратів чи пестицидів), навіть

якщо нормативи ще не перевищені. Це дозволяє вживати превентивних заходів. Такі розгалужені системи моніторингу ефективно функціонують у Німеччині[17], Великобританії[14], Франції[11, 12] та Польщі[18], слугуючи інструментом підтвердження ефективності заходів у ЗСО.

Директиви[5, 6] про підземні води вимагає від країн-членів встановлювати процедури для ідентифікації таких трендів.

Йдеться не про досягнення абсолютної незмінності показників, а про підтримання якості води в межах встановлених фонових рівнів та порогових значень, а також про недопущення погіршення її стану.

Ключовим елементом цієї системи є не просто фіксація перевищень, а виявлення та оцінка статистично значущих тенденцій до забруднення.

Це означає, що заходи мають вживатися не тоді, коли нормативи вже перевищено, а на етапі, коли довгостроковий моніторинг показує стійке зростання концентрації забруднювачів. Такий підхід дозволяє запобігти деградації водних ресурсів, втрутившись на ранній стадії. Розгалужені та ефективні системи такого моніторингу, що є інструментом підтвердження дієвості заходів у ЗСО, функціонують на базі національних агенцій, таких як Umweltbundesamt (UBA) у Німеччині[16], Environment Agency (EA) в Великобританії[14] та Геологічна служба Франції (BRGM) [12].

Чинне вітчизняне законодавство, зокрема Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України № 325[8] і Постанова Кабінету Міністрів України № 758[6], вже містить вимоги до проведення моніторингу підземних вод. Вони зобов'язують водокористувачів обладнувати локальні мережі спостережних свердловин у межах зон санітарної охорони. Ці вимоги є важливим кроком на шляху до європейської інтеграції та збігаються з положеннями Водного кодексу України[1].

Однак, незважаючи на законодавчі вимоги, існують значні прогалини в імплементації та доступі до даних. коли, гідрогеолог-виконавець, який розробляє проєкт ЗСО, часто не має доступу до гідрогеологічної інформації та результатів моніторингу, зібраних іншими водокористувачами, або виконавцями робіт.

В Україні відсутня єдина, централізована та доступна база даних, яка б інтегрувала інформацію про динаміку якості води з різних регіонів. Це унеможливлює проведення розширеного аналізу, моделювання та прогнозування загальних тенденцій ділянок поширення водоносних горизонтів, або впливів на водозабори. Замість того, щоб спиратися на фактичні дані про наявні забруднення чи їх тренди, фахівці змушені оперувати лише частиною параметрів, що значно знижує обґрунтованість проєктів і робить їх менш ефективними.

Відсутність публічного доступу до моніторингових баз даних є серйозним бар'єром для впровадження науково-обґрунтованих підходів, що є нормою в країнах ЄС, і потребує системного вирішення на державному рівні.

Підсумовуючи вищевказане можна зробити ряд висновків.

Аналіз європейського досвіду показує, що провідні країни ЄС та Україна мають схожі підходи до захисту водних ресурсів, які ґрунтуються на багатозонному принципі. Хоча деталі реалізації відрізняються, спільна мета — запобігти забрудненню водозаборів, особливо призначених для питного водопостачання. Українські норми, що встановлюють фіксовані розміри для першого та другого поясів зон санітарної охорони (ЗСО), є консервативними, але відповідають міжнародному правилу, згідно з яким національні стандарти безпеки не повинні бути нижчими за європейські. Це дозволяє Україні зберігати поточні високі вимоги, проте такі фіксовані розміри можуть створювати певні обмеження, зокрема в умовах приватної власності на землю, оскільки вони не завжди враховують реальні гідрогеологічні умови.

Досвід європейських країн, зокрема Франції[11, 12, 13], демонструє переваги науково-обґрунтованого підходу, але для України найбільш перспективним є впровадження комбінованої моделі, подібної до тієї, що діє в Німеччині[17] чи

Великобританії[14], де фіксовані мінімуми поєднуються з можливістю індивідуального розрахунку. Це дозволило б більш вільно інтерпретувати розміри зон за наявності достатнього гідрогеологічного обґрунтування, що сприяло б ефективнішому використанню земельних ресурсів, що особливо важливо в умовах приватної власності на землю.

Окремо требо розглядати питання про особливості прийняття розмірів третього поясу санітарної охорони (зони хімічного захисту), то тут також потрібна модернізація. Сьогодні Україна, подібно до Польщі[18], використовує розрахунки на 25-річний термін. Однак для України, яка прагне до європейських стандартів, більш перспективним є перехід до комбінованого підходу, подібного до Німеччини[17], Великобританії[14] чи Франції[12]. Ці країни визначають межі третьої зони, для великих водозаборів, на основі індивідуальних досліджень, враховуючи всю потенційну зону живлення водоносного горизонту. Це дозволяє більш ефективно захищати джерело від широкого спектру хімічних забруднень, особливо у випадках, коли їх джерело знаходиться на значній відстані від водозабору, що дозволяє визначити межі зони таким чином, щоб забезпечити ефективний захист джерела водопостачання.

Реалізація такого переходу вимагатиме від України системних кроків: внесення змін до законодавства, які б дозволили використовувати гідрогеологічне моделювання як основний критерій для визначення меж ЗСО. Це, у свою чергу, вимагає розробки детальних методичних посібників та стандартів за аналогією з європейськими нормами (наприклад, німецьким DVGW W 101), що уніфікували б підходи до моделювання та розрахунків, зробивши їх прозорими та науково обґрунтованими.

Окрім науково-обґрунтованого підходу до визначення розмірів ЗСО, Українському законодавству бракує чіткого розділення водокористувачів відповідно до їхніх потреб. У країнах ЄС, підходи до захисту водозаборів можуть відрізнятися для великих комунальних підприємств, що забезпечують питною водою цілі міста, та для невеликих приватних свердловин. Це дозволяє більш гнучко та раціонально розподіляти ресурси і вимоги. Адаптація цього принципу в Україні дасть змогу застосовувати менш обтяжливі нормативи для дрібних водокористувачів, зберігаючи при цьому найвищі стандарти захисту для стратегічних об'єктів водопостачання. Такий підхід не тільки підвищить ефективність системи, але й сприятиме економічній доцільності та справедливому розподілу обмежень, що забезпечує рівний доступ до якісної питної води для всіх.

Невід’ємною та фундаментальною частиною європейських систем охорони водних ресурсів є довгостроковий моніторинг якості води [4, 5]. Європейські водозабори в більшості своїй обладнані моніторинговою мережею свердловин, яка дозволяє оперативно реагувати на можливе забруднення водоносного горизонту. Ця система функціонує на основі принципу обережності, виявляючи негативні тенденції на ранніх стадіях. Наявність таких даних дозволяє не лише запобігати забрудненню, а й встановити винуватця, поклавши на нього відповідальність. Це значно відрізняється від української ситуації, де, попри законодавчі вимоги[6, 8], відсутня єдина база даних моніторингу, що ускладнює як прогнозування, так і притягнення до відповідальності.

Для успішної реалізації цих змін, важливо підвищити кваліфікацію гідрогеологів та посилити експертний потенціал. Одним із ефективних механізмів може стати делегування повноважень щодо розгляду проєктів ЗСО спеціалізованим науково-технічним радам. До складу таких рад мають входити представники зацікавлених сторін, а також незалежні, сертифіковані фахівці з багаторічним досвідом у сферах гідрогеології та екології.

Впровадження такого підходу забезпечить не лише ефективний захист підземних вод, але й відповідатиме принципам сталого розвитку ESG (Environmental, Social, Governance), що є ключовим елементом для успішної європейської інтеграції України в екологічній сфері. Запозичення найкращих практик, що враховують досвід різних країн, дозволить Україні створити сучасну та гнучку систему захисту, що забезпечить надійність

і безпеку питного водопостачання населення і стане ще одним кроком на шляху інтеграції до Європейського Союзу.

Список використаних джерел:

1. Водний кодекс України / Електронний ресурс. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text
2. Кодекс України про надра / Електронний ресурс. Режим доступу:
3. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-%D0%B2%D1%80#Text
4. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 283 с. / Електронний ресурс. Режим доступу:
5. https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3307711387089765865?doc_type=2
6. Директива Європейського Парламенту і Ради 2000/60/ЄС / Електронний ресурс. Режим доступу:
7. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text
8. Директива Європейського Парламенту і Ради 2000/118/ЄС / Електронний ресурс. Режим доступу:
9. https://compass27.info/dyrektyva-2006-118-yes-pro-zahyst-pidzemnyh-vod-vid-zabrudnennya-ta-vysnazhennya/
10. Постанова Кабінету Міністрів України №758. Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод / Електронний ресурс. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF#Text
11. Постанова Кабінету Міністрів України №2024. Про правовий режим зон санітарної охорони водних об’єктів. Київ, 1998 р.
12. Наказ №325 Правила охорони підземних вод / Електронний ресурс. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1093-23#Text
13. Code de la Santé Publique (Кодекс охорони здоров’я) / Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.legifrance.gouv.fr/codes/texte_lc/LEGITEXT000006072665/
14. Code de l'Environnement (Кодекс про навколишнє середовище) / Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.legifrance.gouv.fr/codes/texte_lc/LEGITEXT000006074220/
15. Guide méthodologique d'établissement des périmètres de protection des captages d'eau souterraine destinée à la consommation humaine (Методичний посібник зі створення периметрів захисту водозаборів підземних вод) / Електронний ресурс. Режим доступу: https://side.developpement-durable.gouv.fr/ACCIDR/doc/SYRACUSE/200176/guide-methodologique-d-etablissement-des-perimetres-de-protection-des-captages-d-eau-souterraine-des
16. Délimitation des bassins d'alimentation des captages et cartographie de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses – Guide méthodologique (Делімітація водозбірних басейнів та картування їхньої вразливості до дифузних забруднень – Методичний посібник) / Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/guide_revise_eau_souterraine_delimitation_vulnerabilite_AAC_vernoux_et_al-_2014a.pdf
17. MÉTHODOLOGIE DE DIMENSIONNEMENT DES ZONES DE PROTECTION DES CAPTAGES D'EAUX SOUTERRAINES CONTRE LES POLLUANTS CHIMIQUES PERSIST (Методологія визначення розмірів зон захисту водозаборів від стійких хімічних забруднювачів) / Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2151816
18. Groundwater Source Protection Zones (SPZs) methodology manual (Методичний посібник із зон захисту джерел підземних вод), виданий Environment Agency / Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.southernwater.co.uk/media/ooubtggs/suds-in-spz-guidance.pdf
19. Protecting your private water supply (Захист вашого приватного водопостачання), документ від Drinking Water Inspectorate (DWI) / Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.herefordshire.gov.uk/downloads/file/20732/guidance-on-protection-of-a-private-water-supply

20. Wasserhaushaltsgesetz (WHG) (Федеральний закон про водне господарство) / Електронний ресурс. Режим доступу: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:71994L0067DEU_99474

21. DVGW-Arbeitsblatt W 101 (Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete) (Технічний стандарт Німецької асоціації газу та води DVGW) / Електронний ресурс. Режим доступу: https://mleuv.brandenburg.de/sixcms/media.php/land_bb_test_02.a.189.de/Leitfaden_Wasserschutzgebiete_2018.pdf

22. Koncepcja wyznaczenia stref ochrony ujęć wody (Концепція визначення зон охорони водозаборів) / Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.gov.pl/web/infrastruktura/ochrona-ujec-wody-oraz-zbiornikow-wod-srodladowych---poradnik-metodyczny

23. Ustawa Prawo wodne (Закон про воду) / Електронний ресурс. Режим доступу: https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20170001566

УДК553.7-615.838.74(477)

РОЗСІЛЬНІ ВОДИ УКРАЇНИ ТА ЇХ ЛІКУВАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ

Погребний А.Л., *pgrb@ukr.net;* ***Цуркан О.І.****, otsurkan75@gmail.com;*
Олійник Н.П., *oleynik_gidro@ukr.net,* ***Балашова І.В.,*** *balashovaiv@ukr.net,*
ДНП «Український науково-дослідний інститут реабілітації та курортології
МОЗ України», м. Одеса, Україна

В докладі представлена інформація щодо мінеральних розсільних вод поширених на території України. Дана коротка геологічна характеристика родовищ де вскрито розсільні води, особливу увагу приділено міцним розсільним водам. Наведено основні характеристики макрокомпонентного складу розсільних вод (загальна мінералізація, основний іонно-сольовий склад, вміст біологічно активних компонентів компонентів та сполук, температура).

Щодо практичного використання показано, що мінеральні розсільні води мають дуже широкий спектр застосування як у санаторно-курортному закладі (ванни, інгаляції, питне лікування тощо), так і в позакурортних умовах (в основному у фасованому вигляді). Мінеральні розсільні води можуть застосовуватися при зовнішньому та внутрішньому застосуванні як у нативному так і в розведеному стані при різних концентраціях. Унікальністю даних вод є можливість виготовлення преформованих засобів на їх основі (наприклад, «Трускавецька натуральна сіль «Барбара»), фармацевтичні та косметичні засоби.

BRINE WATERS OF UKRAINE AND THEIR MEDICINAL USE

Pogrebniy A., *pgrb@ukr.net*; ***Tsurkan O.,*** *otsurkan75@gmail.com;*
Oliinyk N., *oleynik_gidro@ukr.net,* ***Balashova I.,*** *balashovaiv@ukr.net,*
State Non-profit Enterprise «Ukrainian Research Institute of Rehabilitation and Balneology of the Ministry of Health of Ukraine», Odesa

The report presents information on mineral brines distributed in the territory of Ukraine. A brief geological description of the deposits where brines are discovered is given, with special attention paid to strong brines. The main characteristics of the macrocomponent composition of brines are presented (total mineralization, basic ionic-salt composition, content of biologically active components and compounds, temperature).

Regarding practical use, it has been shown that mineral brines have a very wide range of applications both in a sanatorium and resort (baths, inhalations, drinking treatment, etc.) and in non-resort conditions (mainly in packaged form). Mineral brines can be used for external and internal use both in native and diluted state at different concentrations. The uniqueness of these waters is the possibility of manufacturing preformed products based on them (for example, "Truskavets natural salt "Barbara"), pharmaceutical and cosmetic products.

Серед широкого різноманіття природних лікувальних ресурсів, що використовуються у лікувальній практиці значне місце займають розсільні води.

До даної групи вод, відповідно до чинних нормативів України [1], відносяться води з мінералізацією більше 35 г/л, серед яких виділяються води розсільні (35-150 г/л) та міцні розсільні (понад 150 г/л) (див. рис.1).



Рис.1. Просторове розташування мінеральних розсільних вод

Розсільні води (35-150 г/л) на території України пов'язані з різними геологічними структурами, за винятком мабуть Українського кристалічного щита. В адміністративному відношенні води виявлено у Волинській, Івано-Франківській, Дніпропетровській, Закарпатській, Львівській, Миколаївській, Одеській, Полтавській, Рівненській, Харківській, Херсонській областях (табл. 1).

Таблиця 1. Загальна характеристика мінеральних розсільних вод

№ з/п	Номер водопункту, місцерозташування	Інтервал опробування, м	Геологічний індекс / водовмісні породи	Мінералізація, г/л	Фізико-хімічний склад	Специфічні компоненти, мг/л
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
1.	***свр. № 6*** с. Гаївка, Волинська обл.	1165,0-1252,0	P_3pl / пісковики	70-71	Cl 99 (Na+K) 63-65 Ca 28-31	Br 153-155 Fe 13-30
2.	***свр. № 4369*** с. Старий Лисець, Івано-Франківська обл.	197,0-208,0	N_1-K_2 / піски, пісковики	35-43	Cl > 80 (Na+K) >70	I 14-24 Br 32-60 H_3BO_3 32-43
3.	***свр. № 990П*** с. Орлівщина, Дніпропетровська обл.	89,8-128,0	T / піщано-галечникові відклади	47-53	Cl > 90 (Na+K) > 70	J 5,0-6,5 Br 40-80
4.	***свр. № 1359*** с. Вербки, Дніпропетровська обл.	194,0-283,0	C_1 / аргіліти, пісковики	36-41	Cl > 90 (Na+K) 71-75 Ca 18-21	Br 40-60 Fe 7-15
5.	***свр. № 18-Т*** м. Виноградів, Закарпатська обл.	517,0-939,5	N1al / туфи, туфіти, андезити	37-50	Cl > 90 (Na+K) > 80	CO_2 500-2000 H_2SiO_3 50-180 H_3BO_3 25-100 Fe 9-20 I 1-6; Br 20-55 T 25-38 °C
6.	***свр. № 14-Т*** с. Велятино, Закарпатська обл.	944,0-1000,2	N_1nv / туфи	83-84	Cl > 90 (Na+K) > 90	I 7 – 8; Br 40 – 74; H_3BO_3 76 – 129; T 39-56 °C
7.	***свр. № 1-Ю*** с. Велятино, Закарпатська обл.	971,0-1075,0	N_1nv / туфи з прошарками алевролітів	96- 117	Cl 91-92 (Na+K) 98	CO_2 730-1080 J 14; Br 55 H_3BO_3 50-172 Fe 40-63, T 35°C
8.	***свр. № 43-РГ*** м. Трускавець, Львівська обл.	127,0-215,0	N1zg-/ гипсо-глиниста шапка	54-81	Cl > 85 (Na+K) > 80	Br 25-70
9.	***свр. № 1*** м. Очаків, Миколаївська обл.	335,0-500,0	P / пісковики, піски	37-39	Cl 99 (Na+K) 82-83	Br 35-40
10.	***свр. «Одеса-глибока»*** м. Одеса**,** Одеська обл.	1425,0-1478,0	AR-PR / пісковики, гравеліти	90-105	Cl > 75 (Na+K)45-70 Ca 20-45	J 6,0; Br 227 Fe 45 T 32,0 °C
11.	***свр. № 1012*** м. Миргород, Полтавська обл.	1143,3-1169,1	J2/ пісковики	87-92	Cl 98-99 (Na+K) 74-90	J 2-8, Br 27-62
12.	***свр. № 2ре*** с. Жобрин, Рівненська обл.	833,0-1066,0	PR / аргіліти, пісковики	30-60	Cl > 90 (Na+K) > 75	Br 25-100; Fe 10-40
13.	***свр. № 2*** с. Дачне, Харківська обл.	1357,4-1378,5	J_2bj / пісковики	47-54	Cl > 90 (Na+K) > 80	Br 40-100 Fe 10-35
14.	***свр. № 3-Б*** с. Березівське**,** Харківська обл.	1253,0-1363,0	J_2-T_1 / пісковики з прошаркам и пісків	59-65	Cl > 90 (Na+K) > 80	Br 60-80 Fe 10-25

1	2	3	4	5	6	7
15.	***свр. № 6*** с. Облої, Херсонська обл.	1466,0-1527,0	K_2 / мергель, вапняки	64	Cl 100 (Na+K) 87	I 14; Br 69 H_3BO_3 177 Fe 13; T 62,0 °C

В артезіанських басейнах (Дніпровсько-Донецький, Волино-Подільський, Причорноморський), басейні Закарпатського прогину розсільні води розкриваються на значних глибинах (порядку 700-1000 м і більше) і приурочені до відкладів різного геологічного віку: неогену (туфи, туфіти, андезити), палеогену (пісковики), крейди (мергель, вапняки), юри (пісковики), тріасу (пісковики, піщано-галечникові відклади), карбону (аргіліти, алевроліти, пісковики), архей-протерозою (пісковики, гравеліти, алевроліти, аргіліти).

За основним іонно-сольовим складом розсільні води переважно є хлоридними натрієвими, інколи кальцієво-натрієвими. Як правило, у лікувальних концентраціях води стабільно містять йод, бром, в окремих басейнах також і ортоборну кислоту, метакремнієву кислоту, діоксид вуглецю. Більшість вод в різних концентраціях містять залізо.

Вміст йоду у розсільних водах визначено у межах від 6 до 24 мг/л, брому – від 20 до 230 мг/л, ортоборної кислоти – від 25 до 180 мг/л, метакремнієвої кислоти – від 50 до 180 мг/л, діоксиду вуглецю – від 500 до 2000 мг/л, заліза – від 7 до 65 мг/л.

В групі розсільних вод зокрема можна виділити і термальні води (температура вод вище 35,0 °С), які пов’язані з Закарпатським прогином та південною частиною Причорноморської западини. Залежно від геоструктурних особливостей території визначається глибина залягання термальних вод та специфіка їх якісного складу. Термальні розсільні води в межах Закарпатського прогину пов’язані, в основному, з вулканогенними утвореннями неогенового віку і залягають на глибинах від 517,0 м до 1075,0 м.

В південній частині Причорноморського артезіанського басейну (Одеській та Херсонській областях) термальні розсільні води залягають значно глибше – 1425,0-1527,0 м. Каптуються води з відкладів верхньої крейди (вапняки, мергелі) та архей-протерозою (пісковики, гравеліти).

Особливу увагу привертають міцні розсільні води з мінералізацією більше 150 г/л, які мають дуже обмежене поширення і зустрічаються у Львівській та Івано-Франківській областях (табл. 2).

Таблиця 2. Загальна характеристика міцних розсільних вод

№ з/п	Номер водопункту, місцерозташування	Інтервал опробування, м	Геологічний індекс / водовмісні породи	Мінералізація, г/л	Фізико-хімічний склад	Специфічні компоненти, мг/л
1	2	3	4	5	6	7
1.	***кол. № 1*** с. Пістинь, Івано-Франківська обл.	—	—	298	Cl 98 (Na+K) 98	CO_2 1444, H_2S 36,0 Br 27,0
2.	***кол. № 1*** с. Долина, Івано-Франківська обл.	—	N_1nv / перешарування аргілітів, алевролітів, пісковиків з лінзами кам’яної солі	312-322	Cl > 90 (Na+K) > 90	J 17-29 Br 41-52 H_3BO_3 34-58
3.	***свр. № 5-РГД*** м. Трускавець, Львівська обл.	53,0-85,6	N1vr / глини та аргіліти з прошарками пісковиків, з гл. 66 м - кам'яна сіль	200-400	Cl > 75 SO_4 < 25 (Na+K) > 85	J 9-20 Br 30-100 H_3BO_3 35-100
4.	***свр. № 27-К*** м. Трускавець, Львівська обл.	70,0-100,0	N1zg-vr1 / глини з прошарками пісковиків, з кристалами галіту	90-200	SO_4 50-80 Cl 20-50 (Na+K) > 70 Mg < 30	Br 15-85
5.	***свр. № 28-РГД*** м. Трускавець, Львівська обл.	59,0-95,0	N1vr / гипсо-глиниста шапка	317-359	Cl > 80 (Na+K) > 80	J 18-19 Br 174-182 H_3BO_3 40-100

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
6.	***свр. № 22-РГД*** м. Трускавець, Львівська обл.	7,4-110,0	N1zg-/ перешарування глин та аргілітів з прошарками пісковиків і солей	233-280	Cl > 80 (Na+K) > 80	H_2S 345-428 J 12-21 Br 100-200 H_3BO_3 120-160 Fe 20-40
7.	***свр. № 85-РГ*** м. Трускавець, Львівська обл.	4,0-84,0	N1zg-/ пісковики	347-352	Cl > 80 (Na+K) > 80	H_2S 198-350 J 26-38 Br 86-118 H_3BO_3 98-126; Fe 16-80
8.	***свр. № 188-Е*** с. Доброгостів, Львівська обл.	45,5-101,5	N1vr / гипсо-глиниста шапка	368-430	Cl 67-80 SO_4 20-33 (Na+K) 67-73 Mg 27-33	J 20-29 Br 180-230 H_3BO_3 17-45
9.	***свр № 1-к*** с. Горішнє, Львівська обл.	65,0-135,0	N1vr / глини та аргіліти з прошарками пісковиків та калійних солей	148-175	Cl 76-79 SO_4 21-23 (Na+K) 74-75 Mg 24-25	J 2-7 Br 90-100 H_3BO_3 20-50
10.	***свр № 2-к*** с. Горішнє, Львівська обл.	92,0-118,0	N1vr / перешарування аргілітів, пісковиків та прошарків кам'яної та калійної солей	370-390	Cl 74-76 SO_4 24-26 (Na+K) 71-72 Mg 27-28	J 18-29 Br 180-210 H_3BO_3 40-100
11.	***свр № 3-к*** с. Горішнє, Львівська обл.	45,0-92,0	N1vr / аргіліти з прошарками глини, пісковиків, прожилками мірабіліту	121-164	SO_4 79-84 Cl 16-20 (Na+K) 83-88	H_3BO_3 40-110
12.	***свр. № 2-ре*** м. Моршин (ділянка «Баня»), Львівська обл.	31,7-43,0	N1bc / брекчії з прошарками калійних солей	119-162	SO_4 80-83 Cl 17-21 (Na+K) 70-74 Mg 25-29	—
13.	***свр. №№ 4-р, 10 пр,*** (ділянка «Баня») свр. № 20 а, 20б, дж. № 1 (ділянка «Боніфацій») м. Моршин), Львівська обл.	39,7-63,2 70,0-90,0		190-380	Cl > 80 (Na+K) > 80	—
14.	***свр. №3ре*** (ділянка «Баня») ***свр. №№ 17а,29а*** (ділянка «Боніфацій») м. Моршин, Львівська обл.	29,4-39,8 70,0-90,0		147-381	Cl 52-80 SO_4 20-40 (Na+K) 49-79 Mg 20-35	—

Детально вивчено міцні розсільні води Моршинського, Трускавецького, Нинівського родовищ Львівської області.

В тектонічному відношенні Моршинське родовище лікувальних розсолів знаходиться в межах Моршинського синклінорію Самбірської структурно-фаціальної зони Передкарпатського прогину. Промислові поклади розсільних вод локалізуються у відкладах гіпсо-глинистої «шапки», яка утворилася над шарами (лінзами) калійних солей і соленосних брекчій, що залягають у відкладах верхньобачавської підсвіти. На теперішній час Моршинське родовище природних лікувальних розсолів розробляється на двох водозабірних ділянках: «Боніфацій» та «Баня».

Також найбільш потужним з представників розсільних вод є води Трускавецького родовища. В геоструктурному відношенні родовище розташоване у внутрішній (Бориславсько-Покутській) зоні Передкарпатського крайового прогину і являє собою невеликий басейн з пластово-тріщинними водами, які приурочені до смуги розвитку соленосних відкладів, представлених пісковиками, пісками, конгломератами та іншими породами воротищенської, загорської і стебницької світ неогену. В межах родовища

розсільні води визначено на ділянках «Воротище» (свр. № 28-РГД, № 43-РГ), «Липки 2» (свр. № 5-РГД, № 6-Т) (див. рис 2), «Помірки» (свр. № 22-РГД, № 85-РГ) .

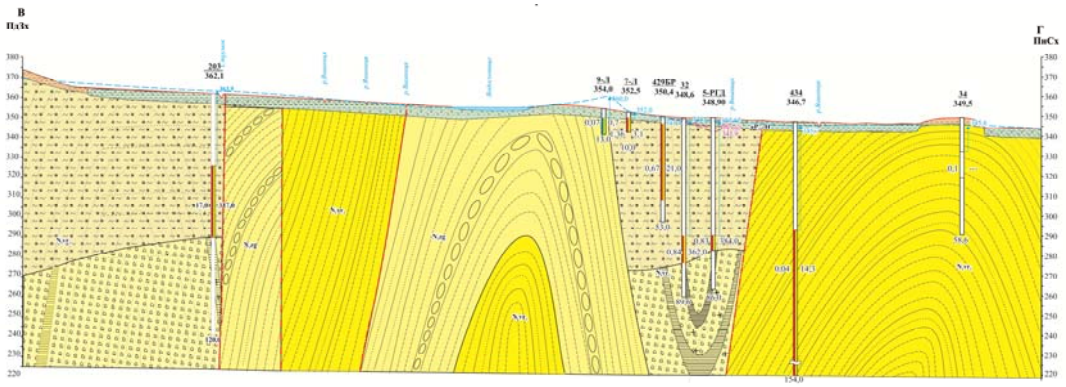


Рис.2. Геолого-гідрогеологічний розріз по ділянці «Липки 2» Трускавецького родовища (за матеріалами ТОВ «Геотехнічний інститут»)

Нинівське родовище мінеральних лікувальних розсолів розвідане в долині р. Жижава, на південній околиці с. Горішне. Пов'язане з покладами калійних солей, які утворюють однойменне родовище. Водозабірна ділянка складається з трьох свердловин: свр. №№ 1-к, 2-к та 3-к, пробурених повздовж крутопадаючого пласта калійних солей північно-західного простягання (див. рис. 3).

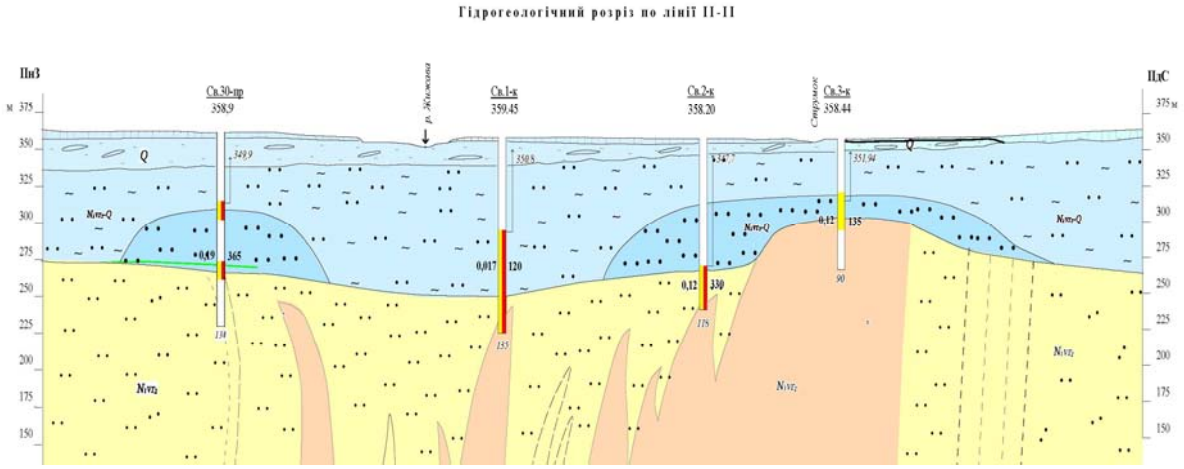


Рис. 3. Геолого-гідрогеологічний розріз по Нинівському родовищу (за матеріалами ДП «Санаторно-курортний комплекс «Моршинкурорт»)

Основний іонно-сольовий склад міцних розсільних вод досить різноманітний. Виділяються води хлоридні, сульфатно-хлоридні, хлоридно-сульфатні натрієві, магнієво-натрієві.

За вмістом специфічних компонентів міцні розсільні води як правило йодо-бромні, борні, деякі з них містять у лікувальних концентраціях ще й діоксид вуглецю та сірководень (с. Пістинь Івано-Франківська область та м. Трускавець Львівська область). На відміну від розсільних вод міцні розсільні води залізо містять в поодиноких випадках.

Слід звернути увагу, що загальна мінералізація міцних розсільних вод може коливатися в дуже широких межах залежно від режиму їх експлуатації. Так наприклад, під час проведення робіт на етапі детальної геолого-економічної оцінки з довивченням експлуатаційних запасів розсільних вод ділянки «Липки 2» Трускавецького родовища було проаналізовано часові ряди спостережень за динамікою водовідбору та змінами якісного складу (мінералізації, основних макрокомпонентів, специфічних біологічно активних компонентів та сполук) за період експлуатації ділянки родовища з 1978 року.

Коливання загальної мінералізації розсільних вод було визначено у межах від 200 г/л до 400 г/л (див. рис. 4). Встановлено, що такий широкий діапазон коливань загальної мінералізації вод певним чином був обумовлений режимом їх нерівномірної експлуатації, різним обсягом водовідбору, природно-техногенними чинниками, включно і глибиною встановлення насосу.

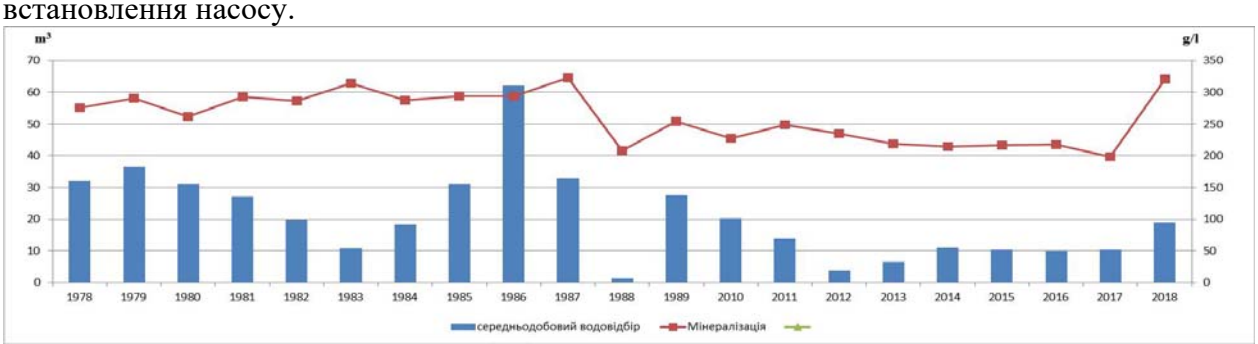


Рис. 4. Коливання загальної мінералізації розсільних вод свр. № 5-РГД м. Трускавець залежно від режиму водовідбору

Завдяки своїм специфічним властивостям розсільні води мають дуже широкий спектр лікувального застосування в клінічній практиці: у натуральному та розведеному стані – для зовнішнього застосування у вигляді загальних ванн та місцевих ванночок; в якості середовища для виконання фізичних вправ (плавання, гідрокінезіотерапія у басейні з мінеральною водою, тощо); для полоскань та інгаляцій, а також для внутрішнього застосування (різних варіантів розведення). Випаровування солей з мінеральних розсільних вод, певного хімічного складу, дозволяє створювати клімат-контрольований простір, у тому числі, і для спелеотерапії.

Так наприклад, розсільні води Нинівського родовища використовуються санаторно-курортним комплексом «Моршинкурорт» у лікувальній практиці при зовнішньому застосуванні (у розведенні до мінералізації 9,0-12,0 г/л) у пацієнтів з захворюваннями кровообігу, кістково-м'язової системи та сполучної тканини, центральної нервової, сечовидільної та травної систем, захворювання жіночої та чоловічої статевої систем. Для внутрішнього застосування було розведено розсільні води у 4-х концентраціях: води з мінералізацією 3,0-4,0 г/л та 6,5-7,5 г/л застосовуються для лікування захворювань органів травлення, ендокринної системи, розладу харчування та порушення обміну речовин, нирок та сечовивідних шляхів. Медичними показаннями для розведених води до мінералізації 13,5-14,5 г/л, 20,0-22,0 г/л є хронічні захворювання жовчного міхура, дисфункціональні розлади біліарного тракту, інші хвороби жовчних шляхів різного походження.

Для практичного використання природних лікувальних ресурсів в санаторно-курортній та позакурортній практиці (використання в санаторно-курортних закладах, амбулаторних умовах, промислове фасування) необхідно наявність медичного (бальнеологічного) висновку.

На даний час ДНП «Український НДІ реабілітації та курортології МОЗ України» видано ***27 медичних (бальнеологічних) висновків*** щодо практичного використання розсільних вод:

- в нативному стані для зовнішнього застосування – 5;
- в розведеному стані для зовнішнього застосування – 17;
- в розведеному стані для внутрішнього застосування – 3, у тому числі для промислового фасування - 1;
- сіль «Теплиця» - 1;
- сіль «Барбара» -1.

На базі мінеральних розсільних вод функціонує ряд санаторно-курортних закладів: санаторій «Ялинка» (Харківська обл.), санаторій «Теплиця» (Закарпатська обл.), санаторій «Лісова пісня» (Волинська обл.), санаторії «Курорт Орлівщина» та «Сонячний»

(Дніпропетровська обл.), а також чисельні санаторії та лікувально-оздоровчі центри м. Трускавець та м. Моршин Львівської області.

Таким чином, аналіз даних щодо мінеральних розсільних вод показав унікальність даного природного лікувального ресурсу, наявність якого на території області чи громади може свідчить про значний бальнеологічний потенціал даної території.

Список використаних джерел:

1. Про затвердження Порядку здійснення медико-біологічної оцінки якості та цінності природних лікувальних ресурсів, визначення методів їх використання: наказ від 02.06.2003 р. № 243 // Збірник нормативно-директивних документів з охорони здоров'я. – 2003. – № 9. – С. 72—91.

2 Води мінеральні лікувальні. Технічні умови. ГСТУ 42.10-02-96. К.: Міністерство охорони здоров'я України, 1996. — 30 с. — (Галузевий стандарт України).

УДК 553.04 : 553.7 (477.83)

МІНЕРАЛЬНІ ВОДИ В БАСЕЙНІ РІЧКИ СВІЧІ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Кондратюк Є., *k.yevhen14@gmail.com,* ***Чертков Ю.,*** *chertbur@ukr.net,*
ТОВ "КВАРЦ", м. Моршин, Україна

В статі розглянуто історію вивчення мінеральних вод у басейні р. Свічі, що на Долинщині в Івано-франківській області. Наведені характеристики мінеральних і питних підземних вод Новомізуньського та Шевченківського родовищ, які використовуються для промислового розливу, перспективних проявів мінеральних вод різних типів у околицях сіл Новий Мізунь і Мислівка, запропоновані напрямки їх вивчення та використання. Показано привабливість цієї місцевості Івано-Франківщини, з достатніми та різноманітними гідромінеральними ресурсами, які практично не використовується

MINERAL WATERS IN THE BASIN OF THE SVICHA RIVER OF THE IVANO-FRANKIVSK REGION

Kondratiuk Ye., *k.yevhen14@gmail.com;* ***Chertkov Yu.,*** *chertbur@ukr.net;*
Kvarts Ltd., Morshyn, Ukraine

The article considers the history of studying mineral waters in the basin of the Svichi River, which is in the Dolyna region of the Ivano-Frankivsk region. The characteristics of mineral and drinking groundwater of the Novomizunsky and Shevchenkivsky deposits, which are used for industrial bottling, promising manifestations of mineral waters of various types in the vicinity of the villages of Novyi Mizun and Myslivka, and directions for their study and use are proposed. The attractiveness of this area of the Ivano-Frankivsk region is shown, with sufficient and diverse hydromineral resources, which are practically not used

Вступ. Карпати – один з найбагатших регіонів України на природно-рекреаційні ресурси. Прекрасні природні умови в сукупності з джерелами різноманітних мінеральних вод сприяють комплексному їх освоєнню. Курортна індустрія на Івано-Франківщині дуже розвинена, особливо в південній частині (Яремче, Верховина, Буковель), а в північно-західних районах немає таких популярних локацій, хоча тут поширенні різноманітні мінеральні води (МВ). В останні десятиріччя в гірській частині басейну р. Свічі розвідано ряд перспективних ділянок з мінеральними водами, які частково використовуються санаторно-курортними закладами та заводами розливу.

В першу чергу це Новомізуньське родовище мінеральних вод у долині р. Мізунки, Шевченківське біля однойменного села та прояв поблизу с. Мислівка в долині р. Свічі. Більшість цих виходів мінеральних вод різних типів практично не використовуються, а потенціальні можливості цього району значні.

Постановка проблеми. Для Карпат актуально завжди вивчення та оцінка потенційних можливостей гідромінеральних ресурсів (ГМР), а їх висвітлення сприятиме освоєнню проявів або родовищ. Об’єктом дослідження є мінеральні води в басейні р. Свічі, зокрема в долині річки Мізунки. Предмет дослідження – визначення потенціалу ГМР Новомізуньської ділянки в околицях невеликого села Новий Мізунь, пропозиції щодо їх цільового та раціонального використання, охорони і збереження.

Основною метою статті є показати сучасний стан ГМР території, придатність їх для лікувально–оздоровчого використання та промислового розливу.

Історія досліджень. Дослідження мінеральних вод Івано-Франківщини мають значну історію й досить широко висвітлюватися в періодичних та наукових публікаціях. Бібліографія їх стосується переважно курортів Буркут, Яремча, курортної місцевості Підлюте, Шешори та деяких інших [1, 2]. Дослідження мінеральних вод в басейні Свічі висвітлювалися більше в вузьких спеціалізованих та узагальнюючих працях [3, 4, 6], зважаючи на їх недавню історію вивчення.

Найбільше в історичному плані на цій території зацікавлення мають Долинська саліна (солеварня) та «Карпатський трамвай», маршрут якого проходить по долині р. Мізунки через ділянки мінеральних вод. Таке поєднання цікавих історичних місць з природними, безумовно сприятиме розвитку цієї курортно-рекреаційної місцевості.

Мінеральні води в басейні Свічі виявлені на початку 60-х років минулого століття при проходці картувальних свердловин: у 1961 р. в урочищі Шандра на лівому березі р. Свіча

свердловина вивела води з вмістом сірководню [2], а в 1965 р. поблизу с. Новий Мізунь інша структурна свердловина розкрила води з підвищеним умістом органічних речовин. Обидві свердловини фонтанували на гирлі, що продовжується до сьогодні.

Воду Мізуньської свердловини в 1967 р. вивчали в Одеському НДІ курортології, за результатами цього був виданий дозвіл на розлив води в якості лікувально-столової, яка пізніше фасувалася на соко-екстрактному заводі під назвою «Горянка». Під час пошуків мінеральних вод у Прикарпатті та Карпатах у 1977-1978 рр. (В. Усов, В. Агеєв, 1979) була пробурена гідрогеологічна свердловина №8-г глибиною 100 м на місці структурної, яка вийшла з ладу. Тоді ж, на околиці с. Новий Мізунь також пробурена свердловини №9-г, а південніше с. Шевченкове в долині Свічі пройдені 2 свердловини: №№10-г і 11-г, які розкрили води з підвищеним умістом органічних речовин (табл. 1).

Таблиця 1. Основні показники по гідрогеологічних свердловинах

№св, Глибина, м	Інтервал випробування, м	Усталений рівень, м	Дебіт, м^3/добу	Зниження, м	Питомий дебіт, дм^3/с	Вміст Сорг.вал., мг/дм^3	Мінералізація, г/дм^3	Тип води
Новомізуньська ділянка								
8-Г 100,0	20.7–50.2	0,3	59,6	19,7	0,035	14.4	1,1	ХГН
	50,2-75,3	0,2	203,9	2,24	1,06	10,2	1,5	ХГН
	50,2-100,0	+1.0	30	1.61	2.23	14.4	1.1	СГН
9-Г 100,0	21,4-51,2	8,0	5,6	25,1	0,0002	16,8	0,9	СГМН
1 194	100-194	3,5	40	3,0	0,15	-	3.2	ХСН
2 100	50-100	+1,0	13	26	0,006		4,4	ХГН
3 100	50-90	+1,0	11	34	0,009		18,1	ХН
4 50,5	30,0-50,5	3,0	30	14,1	0,03	8,4	0,9	ГН
Шевченківська ділянка								
10-Г 100,0	26,5-50,5	+2,1	10	6,6	0,02	6,0	1,6	ГН
	50,0-74,0	+2,14	55	6,5	0,12	16,8	1,0	ГН
11-Г 100,0	11,0-25,0	2,5	93	8,8	0,11	10,3	0,5	ГН
1е	10,0-40,0	7,8	35,0	1,75	0,23	-	0,2	СГНМК
Мислівська ділянка								
1-ДГ 53	15,6-53,0	+9,6	69	9,3	0.086	11,1	0,3	ГМНК
2-ДГ 102	20,0-50,0		130			13,0	0,3	ГМНК
	50,0-102,0	+12,1	10	12	0.009	19,0	0,4	ГМН

Детальні пошуки мінеральних вод у околицях с. Новий Мізунь виконувалися в 1991-1992 роках на замовлення Івано-Франківського УБР. Пробурені 5 свердловин, які розкрили води різного хімічного складу з мінералізацією від 2-3 до 18-19 г/дм^3 (табл. 1). В ті ж роки у верхів'ї р. Свічі, на південній околиці с. Мислівка мінеральні води виявлені двома свердловинами, які розкрили відклади кросненської світи олігоцену (св. 1ДГ, 2ДГ).

У 2007-2010 рр. виконана детальна розвідка Новомізуньського родовища мінеральних лікувально-столових вод за результатами якої затверджені експлуатаційні запаси по

свердловинах №4 і №8-г (табл. 2) (В. Ходаков, 2010), а в 2013-2017рр. Шевченківського родовища питних підземних вод і затверджені експлуатаційні запаси питних вод по свердловині №1-е (Д. Павленко, 2018).

Таблиця 2. Експлуатаційні запаси родовищ підземних вод району

Родовище	№№ св-н	Спец. компонент, $C_{орг.вал.}$, мг/дм^3	Мінералі-зація, г/дм^3	Запаси по категоріях, куб.м/добу				Протокол ДКЗ України
				A	**B**	**C_1**	Разом	
Новомізуньське	4,	8,0 – 20,0	0,5-1,0	-	4	26	30	№ 2210 від
	8-г	8,0 – 25,0	1,0-1,6		30	-	30	18.03.2011
Всього:				-	34	26	60	
Шевченківське	1-е	-	0,1-0,3	-	35	-	35	№ 4546 від 18.10.2018

Використовуються мінеральні та питні води виключно на заводах розливу в Н. Мізуні та поблизу с. Шевченкове, до середини 90-х минулого століття води свердловини 8-г застосовувалися для лікування в санаторіях.

Геолого-гідрогеологічні умови. Досліджуваний район знаходиться в північно-східній частині Скибової зони (покриву) Українських Карпат, для якого характерно поширення різноритмічного крейдового і палеогенового флішу і своєрідного, так званого, скибового стилю структур, який представляє собою серію великих по довжині паралельно орієнтованих моноклінaлей-скиб. Кожна скиба ускладнена антиклінальними і синклінальними складками нижчих порядків, які часто мають поперечні і повздовжні тектонічні порушення. В складі Скибового покриву з північного сходу на південний захід виділяють кілька скиб, які насунуті одна на одну в північно-східному напрямку. Мізуньська та Шевченківська ділянки лежать в Орівській скибі, Мислівська – в скибі Парашки (рис. 1).

Більшість проявів мінеральних вод пов’язані з тильними частинами скиб, тобто південно-західними крилами, які ускладнені антикліналями з утвореннями нижньоменілітової підсвіти або головецького горизонту в ядрах. Розломи та дрібна складчастість зазвичай супроводжуються зоною інтенсивно зруйнованих порід, які є вмістилищем підземних вод, а також сприяють сформуванню гідрогеологічної зональності.

Гідрогеологічно район відноситься до Карпатської водоносної системи (гідрогеологічної області Складчастих Карпат). Літологічна різноманітність флішових відкладів, інтенсивна складчастість, сильне розчленування поверхні та екзогенна тріщинуватість сприяє процесам змішування підземних вод різних зон водообміну в результаті чого формуються строкатий хімічний склад мінеральних вод з різноманітними мікроелементами та специфічними сполуками [1, 2].

За умовами циркуляції, води флішових відкладів тріщинні, тріщино-жильні, тріщино-пластові. Основним джерелом формування природних ресурсів є атмосферні опади, які інфільтруються у верхню зону тріщинуватих порід. Тектонічні особливості Скибової СФЗ сприяють утворенню зон тріщинуватості та ускладнюють умови залягання і циркуляції води, де водоносні відклади не утворюють витриманих по площі горизонтів [3]. Інтенсивні неотектонічні рухи сприяють водообміну між водоносними комплексами різних глибин, про що свідчать виходи на денну поверхню мінералізованих і сірководневих вод.

Гідрохімічна характеристика. В районі переважають води, пов'язані з верхньою зоною інтенсивного водообміну, яка сформувалася в тріщинуватих породах флішу. Мінералізація їх досягає 5,0-20,0 г/дм^3, хімічний склад строкатий від гідрокарбонатно-сульфатного магнієво-кальцієвого до хлоридного натрієвого.

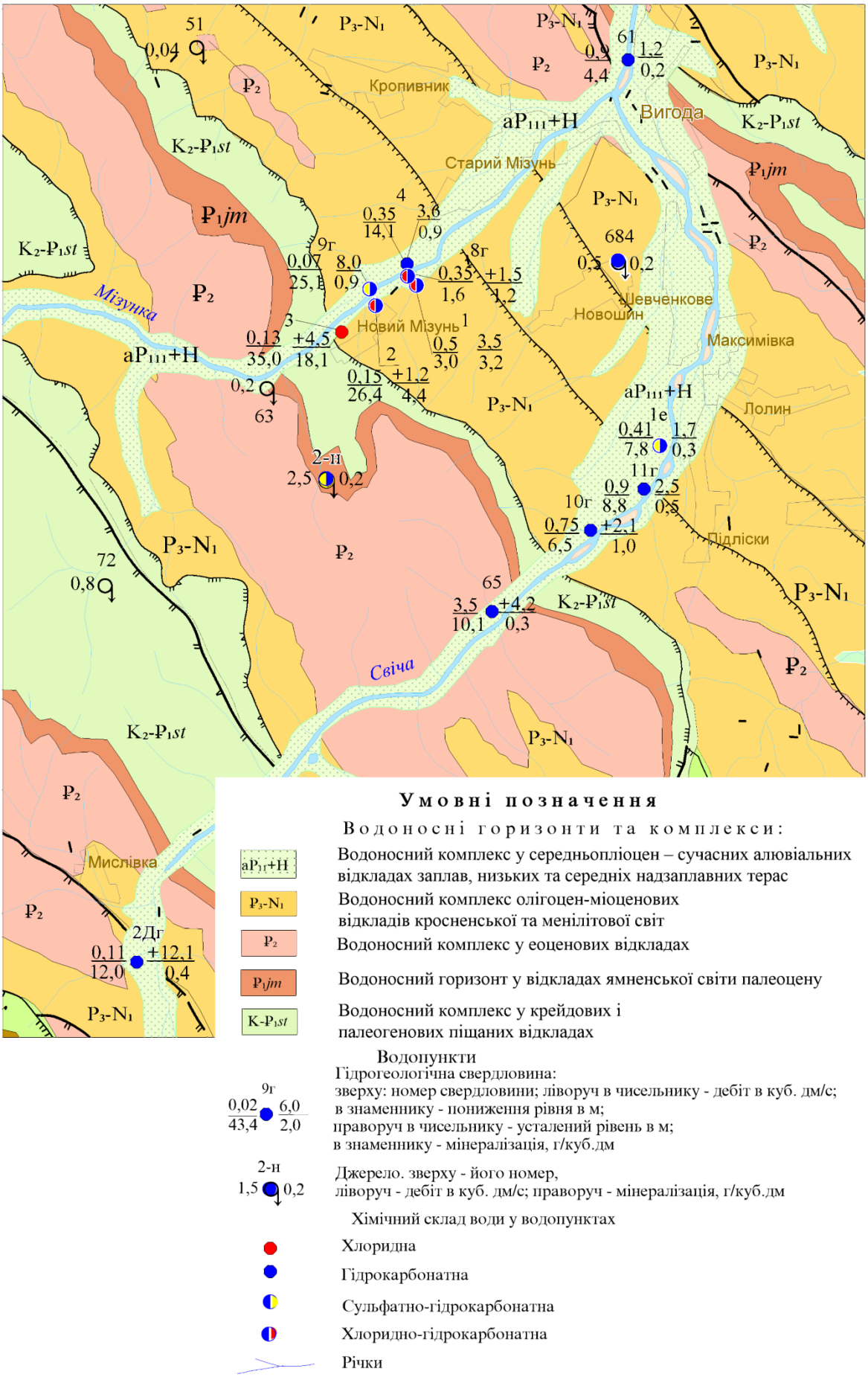


Рис. 1. Гідрогеологічна карта площі Мізунь-Мислівка

В зонах розломів і насувів, які здебільшого трасуються долинами рік, переважають води з мінералізацією від 12,0 до 18,0 г/дм^3, зазвичай хлоридного натрієвого складу, з підвищеним вмістом сірководню, заліза, органіки.

Новомізуньське родовище. На родовищі виявлені та досліджені води з підвищеним умістом органічної речовини, але різної мінералізації та хімічного складу.

Свердловиною №4 виводяться гідрокарбонатні натрієві води з мінералізацією до 1,0 г/дм^3. Хімічний склад води відповідає такій формулі:

$$C_{вал}11.0-14.6\ M0.7-0.9\frac{HCO_3 72\ CO_3 12\ SO_4 9\ Cl5}{(Na+K)86\ Ca8\ Mg5}\ pH8.2$$

Загальна твердість від 0,8 до 1,7 мг-екв/дм^3, води дуже м'які і м'які.

У воді свердловини №4 в підвищених концентраціях виявлено біологічно активний компонент - органічні речовини. Їх вміст у розрахунку на сумарний вуглець за даними різних лабораторій змінюється від 11,0 до 14,6 мг/дм^3.

Хімічний склад, органолептичні та мікробіологічні показники води із свердловини № 4 відповідають вимогам ДСТУ 878-93 «Води мінеральні питні. Технічні умови». ДУ «УкрНДІМРтаК МОЗУ» розроблені кондиції на підземні води свердловини № 4, які віднесені до вод слабкої мінералізації з підвищеним умістом органічних речовин.

Вода свердловини №8-г має такий хімічний склад:

$$H_2S0,0-6,8\ C_{вал}9,8-21,6\ M1,2-1,5\frac{HCO_3 75\ Cl24\ SO_4 1}{(Na+K)94\ Ca3\ Mg3}\ pH7,7$$

Вода свердловини часто має сірководневий або нафтовий запах. Вміст сірководню змінюється від 0,0 до 6,38 мг/дм^3, переважно від слідів до 1,5 мг/дм^3. Смак часто досить специфічний – з лужним і нафтовим присмаком. Води прозорі, безбарвні, без осаду, по температурній градації відносяться до холодних, за період спостережень їх температура змінювалась від 9,2 до 9,9°С.

Хімічний склад, органолептичні та бактеріологічні показники води зі свердловини №8- г відповідають вимогам ДСТУ 878-93 „Води мінеральні питні. Технічні умови" до мінеральних лікувально-столових вод. Згідно з кондиціями, води хлоридно-гідрокарбонатні натрієві малої мінералізації з підвищеним умістом органічних речовин, холодні.

За результатами клінічних досліджень вод свердловин №4 і №8-г розроблені медичні (бальнеологічні) висновки, де наведені медичні покази щодо застосування. Загалом води є лікувальними, кондиційними при використанні в лікувальній практиці при внутрішньому застосуванні, а також промисловому розливі.

Новомізуньський прояв мінеральних вод. Свердловинами 1, 2 і 3 розкриті води різних типів: від малої до високої мінералізації, хлоридно-гідрокарбонатні або хлоридні натрієві [6].

Свердловиною №1 виводиться вода такого складу:

$$M3,2\frac{HCO_3 48\ Cl47\ CO_3 5}{Na98Mg2Ca2}\ pH9,0$$

Аналог мінеральної води «Обухівська» або «Миргородська» [5].

Свердловина №2. Формула іонного складу:

$$M4,4\frac{HCO_3 66\ Cl26\ CO_3 8}{Na98\ Ca1\ Mg1}\ pH9,0$$

Свердловиною №3 розкриті води хлоридного натрієвого складу придатні для зовнішнього застосування з бальнеологічною метою.

Формула іонного складу: $M18,1\frac{Cl93\ HCO_3 7}{(Na+K)93\ Mg4\ Ca3}$

У 2024-2025 рр. південніше цього прояву (рис. 1) досліджується вода джерела №2-н, яка має дуже низьку мінералізацію (0,13-0,26 г/дм^3) та сульфатно-гідрокарбонатний натрієво-кальцієвий або змішаний склад. Вода прозора, без запаху і смаку, в ній не міститься будь-яких мікроелементів, що перевищують ГДК, фактично повний аналог «Моршинської».

$$M0.1-0.2\frac{HCO_3 65\ SO_4 27\ Cl6}{(Na+K)25\ Ca50\ Mg25}\ pH7.3$$

Шевченківське родовище питних вод. За фізико-хімічними показниками підземні води родовища сульфатно-гідрокарбонатні магнієво-кальцієві прісні, низької мінералізації.

Вміст гідрокарбонатів 82,4 мг/дм^3, хлоридів 15,7 мг/дм^3, серед катіонів домінує кальцій – 24 мг/дм^3 (жовтень 2024). Хімічний склад води відповідає такій формулі:

$$\mathrm{M0{,}2-0{,}3}\,\frac{\mathrm{HCO_3 64-78\ SO_4 11-26\ \mathit{Cl} 6-14}}{\mathrm{Ca 65-80\ Mg 14-27\ (\mathit{Na}+\mathit{K}) 9-17}}\,\mathrm{pH 6.9-7.9}$$

Іноді у воді відмічається підвищений вміст заліза. Твердість до 5,0 мг-екв. Токсичні мікрокомпоненти та сполуки, вміст яких регламентується ДСаНПіном 2.2.4-171-10, не перевищують гранично допустимих норм. Загалом вода відповідає нормам і придатна для промислового фасування як природна питна для щоденного споживання.

Шевченківський прояв мінеральних вод. Свердловинами 10-г і 11-г (рис. 1) виводяться води гідрокарбонатного натрієвого складу з мінералізацією 0,5-1,6 г/дм^3 і підвищеним умістом органічних речовин. Формула узагальненого хімічного складу така:

$$\mathrm{C_{вал} 6{,}0-16{,}8 M0{,}5-1{,}6}\,\frac{\mathrm{HCO_3 79-92\ CO_3 13-15}}{\mathrm{(Na+K) 84-97}}\,\mathrm{pH 7.8-8.1}$$

Мислівський прояв. За даними досліджень, виконаних співробітниками ІГН НАН України [3, 4], води свердловин №1-ДГі 2-ДГ мають слабкий запах сірководню та підвищений вміст органічних речовин. Хімічний склад води відповідає такій формулі:

$$\mathrm{C_{вал} 11{,}0-19{,}0\ M0{,}3-0{,}4}\,\frac{\mathrm{HCO_3 77-92\ CO_3 8\ SO_4 6-13\ \mathit{Cl} 3-10}}{\mathrm{(Na+K) 15-63\ C17-71\ Mg 9-29}}\,\mathrm{pH 7.7-8.9}$$

Складний катіонний склад свідчить про змішаний характер формування слабомінералізованих вод. Крім інфільтрації атмосферних опадів, у формуванні складу беруть участь процеси вилуговування та катіонного обміну. Значний вміст органічних речовин у водах слабкої мінералізації цієї ділянки та їх фізіологічна активність дає підстави вважати цей район перспективним для постановки майбутніх комплексних досліджень.

Перспективи використання мінеральних вод.

Затверджені експлуатаційні запаси різних типів мінеральних вод в долинах річок Свічі та Мізунки не значні, але достатні для невеликих заводів розливу. Інші виявлені на цій території мінеральні води відзначаються різноманітним хімічним складом та мінералізацією, що сприятиме їх комплексному використанню як для промислового фасування, так і бальнеологічного застосування. Можливості такі є, оскільки в 70-х роках на околиці с. Новий Мізунь було споруджено два санаторії, які на сьогодні потребують нових інвестицій.

Мінеральні води дослідженої території мають хорошу якість і володіють широким спектром лікувальних властивостей, що в умовах загострення екологічної ситуації мало би забезпечити попит на них як в пересічних споживачів, так і серед санаторно-лікувальних закладів. Всебічні комплексні сучасні дослідження перспективних ділянок, забезпечать лікувально-рекреаційну базу для санаторних і туристичних інфраструктур.

Список використаних джерел:

1. Бабинец А.Е.,Марус В. И., Койнов И.М. Минеральные и термальные воды Советских Карпат. Киев, "Наукова думка", 1978. 160 с.
2. Гидрогеологическая карта СССР Серия Карпатская. Лист М-34-XXX. Масштаб 1:200000. Киев 1968. 75 с.
3. Лечебные минеральные воды типа "Нафтуся" Украинских Карпат и Подолья. Гл. ред. д. г-м. н., академик НАН Украины В. М. Шестопалов. Черновцы: Букрек, 2013. – 600 с. (с. 97-105)
4. Моисеев А.Ю. Особенности химического состава и бальнеологического применения минеральных вод. - К:КИМ, 2017. – 464 с.
5. Класифікація мінеральних вод України.//Під ред. Шестопалова В.М. - Київ: Вид. НАНУ. – 2003. – 122 с.
6. Табакман П. Є. Звіт про НДР по темі «Пошуки мінеральних вод типу «Нафтуся» на ділянці Мізунь Долинського району Івано-Франківської області» Одеса. 1992. 17 с.

УДК 551.24+551.4+552.5

ПЕРСПЕКТИВНІ ДІЛЯНКИ ДЛЯ ПОШУКІВ ТЕРМАЛЬНИХ ВОД В ОКОЛИЦЯХ М. ЛЬВОВА

Лосів В.М., *vmlosiv@gmail.com*;
Яремович М.В., *geoltechnologies@gmail.com*;
ТОВ «НВТП «ГЕОЛОГІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ», Львів, Україна

Ми продовжили аналіз карт пакету Держгеокарта-200 району м. Льва та його околиць. На його підставі у ми виявили ділянки де фрагменти субширотних розломів обрізані субмеридіональним Домажир-Щирківським розломом з яким спряжені їх загнуті на південний захід кінці, Місця спряження, по аналогії з приуроченістю до схожої геологічної ситуації, відомих покладів термальних підземних вод «Брюховичі» та Львівська», ми вважаємо перспективними на виявлення таких ж покладів. На цій підставі ми виділили ділянки «Зимноводська» та «Західносолукська». Також ми виділили, як перспективну, ділянку «Бірківську», розташовану в смузі ділянок «Бірківська» та «Львівська» на спряженні загнутого субширотного розлому з Верхомлинівсько-Давидівським розломом північно-західного простягання.

PERSPECTIVE AREAS TO SEARCH FOR THERMAL WATERS IN THE VICINITY OF LVIV

Losiv V., *vmlosiv@gmail.com*;
Yaremovich M., *geoltechnologies@gmail.com*;
LLC «SPTE «GEOLOGICAL TECHNOLOGIES», Lviv, Ukraine

We continued to analyze the maps of the Package State Geocart-200 of the Lviv and its surroundings. On its basis, we found areas where fragments of sub-latch faults were cut by the sub-meridional Domagyr-Shchirkivsky fault with which their bent to the southwest ends, the places of conjunction, by analogy with the confinement of a similar geological situation, known deposits of thermal water deposits. On this basis, we identified the areas "Zimnovodskaya" and "Solukskaya". We also distinguished, as promising, the Birkivska section, located in the lane of the Birkivska and Lvivska plots at the conjunction of a bent sub-ruling fault with the Verkhmlinivsky-Davidovsky fault of North-Western extension.

Вступ. В своїх публікаціях та доповідях ми вже неодноразова говорили про тещо принциповою умовою ефективного прогнозування є побудова геодинамічної моделі будь-якого регіону, максимально близької до реальної, оскільки саме геодинамічними умовами визначається розташування їх покладів. Основою для побудови такої моделі є комплексне вивчення геологічної будови регіону, невід'ємною складовою, якого є вивчення геолого-структурних умов і визначення закономірності у приуроченості покладів корисних копалин до конкретних геолого-структурних ситуацій. Повною мірою це стосується і знаходження покладів термальних підземних вод. Відповідно, визначення закономірностей у геолого-структурній та геодинамічній приуроченості вже відомих покладів термальних підземних вод слугує підставами для прогнозування можливості виявлення таких покладів у подібних умовах.

Мета досліджень – Продовження детального аналізу пакетів Держгеокарти-200 району м. Львова та його околиць [1, 2] для визначення нових перспективних ділянок для пошуків термальних вод в околицях м. Львова, виходячи з визначеної попередніми дослідженнями закономірності приуроченості відомих покладів до місць спряження розломів північно-західного простягання з підігнутими під них субширотними розломами.

Завдання досліджень – визначити нові перспективні ділянки для пошуків високомінералізованих термальних підземних вод в околицях м. Львова.

Загальна інформація.

На минулій конференції ми представляли доповідь і публікували тези на тему «Термальні води в районі м. Львова та його околиць - геолого-структурна та геодинамічна обумовленість» [3] у яких обґрунтовували закономірність розташування покладів підземних на двох ділянках:

1. Ділянка «Брюховичі». У 1986-1987 рр. пробурена пошукова гідрогеологічна свердловина № 1-Бр (1505 м), а у 1987 р., на тому ж майданчику, розвідувально-експлуатаційна свердловина № 2-Бр (1400 м). У 1991-1992 рр. у 660 м на північний захід

від свердловини № 2-Бр пробурена розвідувально-експлуатаційна свердловина № 3-Бр (1450 м).

В подальшому свердловина № 1-Бр ліквідована, а свердловина № 2-Бр передана замовнику. У 1988 р. вода з неї успішно використовувалась в санаторії профспілок України «Львів». В даний час свердловина законсервована. Розвідувально-експлуатаційна свердловина № 3-Бр в експлуатації до цього часу не була і законсервована.

У свердловині № 1-Бр поклади локалізуються на двох інтервалах. В інт. 1090-1110 м водоносними є інтенсивно тріщинуваті вапняки, мергелі і доломіти низів нижнівської світи верхньої юри. Температура на усті свердловини $+34^0$С. Дебіт 230 м^3/добу. В інт. 1385-1345 м водовмісними є пласти пісковиків кварцових тріщинуватих, алевролітів та аргілітів сокальської світи середнього відділу юрської системи. Температура на усті свердловини $+38^0$С. Дебіт 249,6 м^3/добу. Між нижнівською і сокальською світами залягають щільні доломіти верхньоюрської рава-руської світи.

У свердловині № 3-Бр в інт. 1340-1398 м водозбагачена конгломератоподібна товща складена уламками кварцових пісковиків і алевролітів нижньої підсвіти сокальської світи середньої юри. Температура на усті свердловини $+40,0^0$С. Рекомендований експлуатаційний дебіт 240,0 м^3/добу.

2. Ділянка «Львівська». У 1990 р. у Львові в районі басейну «Динамо» (вул. Стуса) пробурена пошукова свердловина № 1-Лв (1350 м), яка в даний час законсервована.

У свердловині № 1-Лв водовмісними є інтенсивно тріщинуваті вапняки, мергелі і доломіти в низах нижнівської світи верхньої юри (інт. 946-880 м). Температура на усті $+32,5^0$С. Дебіт 311,0 м^3/добу.

На обох ділянках розкриті свердловинами води містять значні концентрації йоду, брому, фтору та інших бальнеоактивних елементів і кондиційні для зовнішнього бальнеологічного застосування.

Результати робіт.

За результатами наших попередніх досліджень ми дійшли висновку, що встановлена чітка геолого-структурна та геодинамічна обумовленість розташування виявлених покладів високомінералізованих термальних вод на ділянках «Брюховичі» та «Львівській»:

- виявлені поклади локалізуються в середньо- верхнєюрських відкладах Стрийського прогину, який перекриває блоки континентальної рифтогенної структури (зони Тейсейре-Торнквіста);
- виявлені поклади знаходяться в місцях причленування загнутих кінців субширотних зон тріщинуватості до Верхомлинівсько-Давидівського розлому*;
- води потрапили на глибину з водоносних горизонтів, які залягають вище, за рахунок дилатансного нагнітання при зсувних пульсаціях вздовж Верхомлинівсько-Давидівського розлому, який є південно-західною межею Розтоцької рухомої зони*;
- Розтоцька рухома зона є поверхневим проявом Рава-Руської шовної зони - одної з зон між блоками континентальної рифтогенної структури (зони ТТ), що вкупі з тепловими потоками і еманаціями елементів глибинного походження, вказує на її, практично сучасну, активність;
- теплові потоки та еманації елементів глибинного походження з нижніх горизонтів континентальної рифтогенної структури вздовж Рава-Руської шовної зони, забезпечили прогрів покладів підземних вод, та насичення їх йодом, бромом, та. ін., бальнеоактивними хімічними елементами.

Підсумовуючи свої висновки ми тоді представили свої рекомендації:

1. Геолого-структурні умови розташування ділянок «Брюховичі» і «Львівська» дають підстави вважати, що їх перспективи не вичерпані. Особливо це стосується ділянки «Львівська». Орієнтовні контури перспективних ділянок показані рисунках.

2. Вважати перспективною на пошуки термальних підземних вод ділянку в районі Крехова (3), де можуть мати місце схожі геолого-структурні умови. Тут до

субмеридіонального Домажир-Щирківського розлому* причленяються загнуті кінці субширотного Жовківського розлому*.

У своїх попередніх доповіді і публікації ми говорили, що на геологічних картах масштабу 1:200 000 [1, 2] району відомого, як Пасмове Побужжя немає субширотних розломів та зон тріщинуватості з наявністю яких, на нашу думку, пов'язане формування його морфоструктур. Останні ми розглядаємо, як наслідок розмиву відкладів верхньої крейди вздовж розломів та зон тріщинуватості. Вони чомусь показані лише на картах четвертинних відкладів як лінеаменти, що дешифруються як розривні порушення [1, 2].

Продовжуючи аналіз різних карт попередників з пакетів Держгеокарта-200 району досліджень, ми звернули увагу, що субширотні розломи з Пасмового Побужжя прослідковуються на захід від Розтоцької рухомої зони, північно-західною межею якої ми вважали Верхомлинівсько-Давидівський розлом. Це ми робили, базуючись на наших висновках, що кінці субширотних розломів, що тягнуться з Пасмового Побужжя, обрізані Верхомлинівсько-Давидівським розломом і загнуті на південний захід і південь внаслідок лівосторонніх зсувних зміщень по ньому.

Ми з звернули увагу на те, що на геологічній карті четвертинних відкладів аркушу M-34-XXIII (Пшемисль), M-34-XXIV (Дрогобич) [2] на захід від Верхомлинівсько-Давидівського розлому у смузі до Домажир-Щирківського розлому, спостерігаються загини річкових долин, схожі з тими, які ми бачили у смузі між Грибовицько-Винниківським* і Верхомидинівсько-Давидівським розломами. Це дало нам підстави показати на карті фрагменти субширотних розломів, відрізані Домажир-Щирківським розломом, загнутими до їх спряження з ним. Ми не виключаємо можливості, що тут мають місце загнуті зони тріщинуватості. Також це слугує нам підставою розширити межі Розтоцької рухомої зони до цього розлому.

Виходячи з наведених вище висновків з нашої попередньої доповіді, і того, що тут має місце дуже схожа геологічна ситуація ми, вважаємо, що райони цих спряжень заслуговують уваги, як перспективні на виявлення на них термальних вод у середньо-верхнєюрських відкладах (рис. 1). Можливі глибини знаходження цих покладів ті ж 800-1500 м. При цьому ми не виключаємо, що тут поклади термальних вод з вищими температурними показниками можуть знаходитися і на більших глибинах у кембрійських та силур-нижнєдевонських відкладах, хоча за літологічними характеристиками вони і не надто сприятливі для локалізації покладів.

Також ми повторно проаналізували ситуацію в районі Також ми виділили, як перспективну, ділянку «Бірківську», розташовану в смузі ділянок «Бірківська» та «Львівська» на спряженні загнутого субширотного розлому з Верхомлинівсько-Давидівським розломом північно-західного простягання.

Важливо зазначити, що до всіх нових перспективних ділянок приурочені джерела сірко-водневих підземних вод. Це може бути додатковим аргументом за можливу наявність у цих місцях глибинних термогазових потоків, що обумовлюють газонасичення та мінералізацію вод джерел.

Підсумки.

1. На підставі вищесказаного ми виділяємо в смузі Домажир-Щирківського розлому дві нові перспективні ділянки «Зимноводську» (4), та «Західносолукську» (5), розташовані відповідно біля сіл Зимна Вода та Солуки.

2. Також, вважаємо можливим розглядати перспективною ділянку у смузі Верхомлинівсько-Давидівського розлому в районі с. Бірки – ділянка «Бірківська» (6).

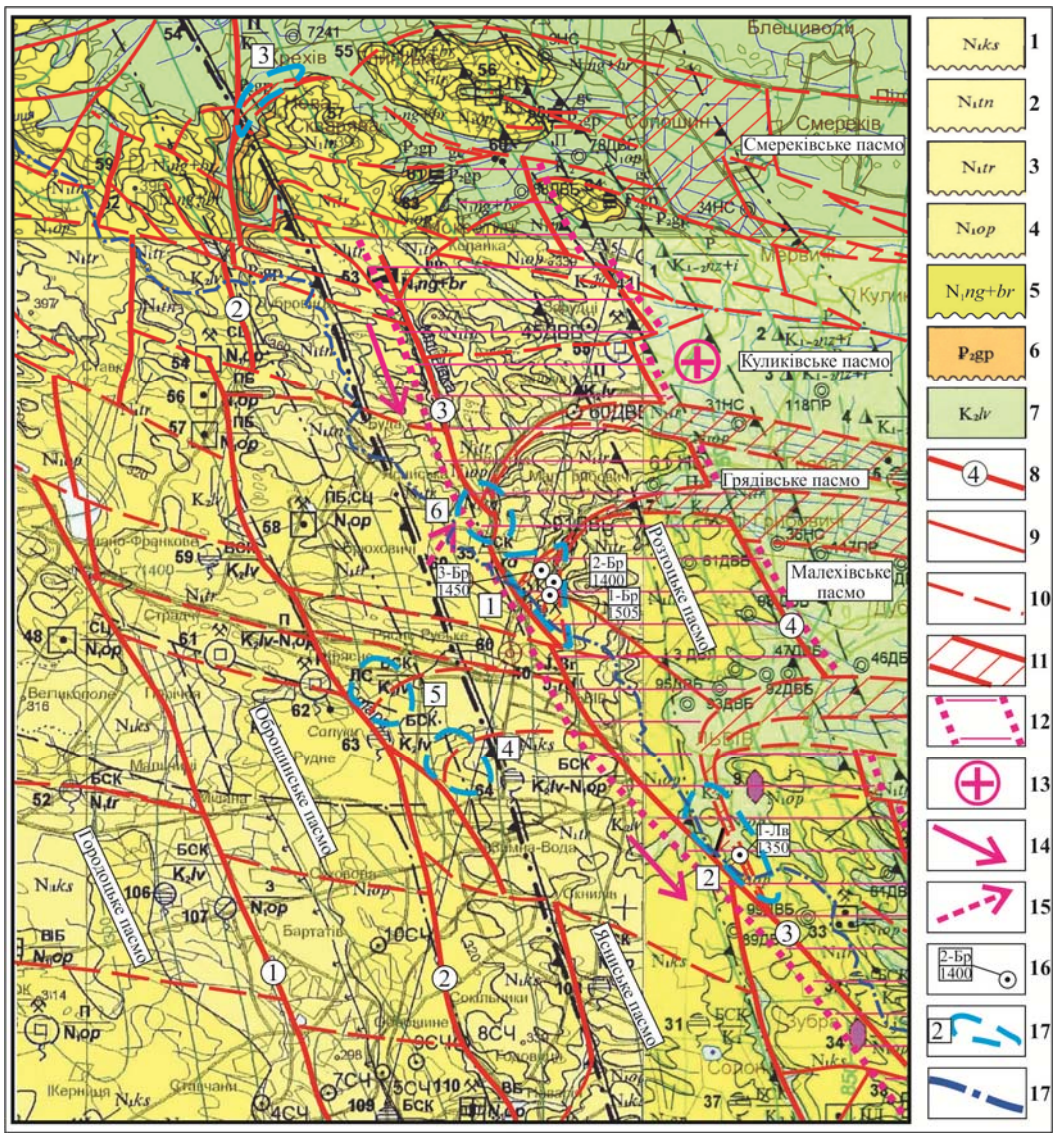


Рис. 1. Схематична геолого-структурна карта району досліджень (за матеріалами геологічних карт м-бу 1:200 000 [1, 2] з доповненнями): 1-7 – стратони: 1 – косівська світа, 2 – тернопільська світа, 3 – тираська світа, 4 – опільська світа, 5 – нагорнянські і бережнянські верстви, 6 – товща глауконітових пісків, 7 – львівська світа; 8-10 – розломи (за результатами аналізу топокарт та польових спостережень): 8-9 – північно-західного простягання: 8 – головні та їх номери (1 – Верещицько-Ставчанський, 2 – Домажир-Щирківський, 3 – Верхомлинівсько-Давидівський, 4 – Грибовицько-Винниківський), 9 – другорядні; 10 – субширотні, в т.ч. межі зон тріщинуватості; 11 – зони тріщинуватості; 12 – Розтоцька рухома зона; 13 – нерухоме крило, 14 –напрямок переміщення крила, 15 – зміщення розлому при правозсувних переміщеннях, 16 – свердловина: номер/глибина, 17 – контур перспективної ділянки і її номер, 18 – ГЕВ

Список використаних джерел:

1. Герасімов Л.С. та ін. Державна геологічна карта України. Масштаб 1:200 000. Аркуш M-34-VIII (Рава-Руська), M-34-XIII (Червоноград), M-34-XIX (Львів). К., 2004.

2. Герасімов Л.С. та ін. Державна геологічна карта України. Масштаб 1:200 000. Аркуш M-34-XXIII (Пшемисль), M-34-XXIV (Дрогобич). К., 2005.

3. Лосів В.М., Яремович М.В. «Термальні води в районі м. Львова та його околиць – геолого-структурна та геодинамічна обумовленість». // Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. Матеріали Дев'ятої міжнародної науково-практичної конференції (7-11 жовтня 2024 р., м. Львів). Державна комісія України по запасах корисних копалин (ДКЗ). К.: ДКЗ, 2024. С. 548-555.

УДК 556.3:004.9(477)

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЦІНКИ СТАНУ ПІДЗЕМНИХ ВОД

Трофимчук О.М., *член-кор НАНУ, д. техн. н., професор,*
Триснюк В.М., *д. техн. н., професор.,trysnyuk@ukr.net,*
Триснюк Т.В., *к. техн. н., taras24t@gmail.com,*
Інститут телекомунікацій та глобального інформаційного простору, Київ, Україна

В роботі розглянуто результати дослідження еколого-геологічних умов та стану підземних вод України в умовах зростання техногенного і воєнного навантаження. Показано значення зони аерації як природного бар'єра, що визначає час проникнення забруднювачів у перший водоносний горизонт. Обґрунтовано застосування ГІС-технологій для моделювання захисних властивостей порід, районування територій за ступенем захищеності ґрунтових вод і створення карт індексу ризику. Акцентовано увагу на впливі затоплення шахт, промислових скидів та воєнних дій на якість водних ресурсів, а також на ролі дистанційних методів моніторингу у фіксації небезпечних процесів.

Ключові слова. геоінформаційні технології, гідроресурси, екологічна безпека, дистанційне зондування Землі, ГІС-картографування, екологічні виклики, військові дії.

GEOINFORMATION TECHNOLOGIES FOR GROUNDWATER CONDITION ASSESSMENT

Trofymchuk O., *member-core of NASU, Dr. Sci. (Eng.),professor,*
Trysnyuk V., *Dr. Sci. (Eng.), prof., trysnyuk@ukr.net,*
Trysnyuk T., *Ph.D. (Tech.), taras24t@gmail.com,*
Institute of Telecommunications and Global Information Space, Kyiv, Ukraine

The work presents the results of studies on the ecological and geological conditions and the state of groundwater in Ukraine under increasing technogenic and wartime pressures. It emphasizes the role of the aeration zone as a natural barrier controlling pollutant migration into the first aquifer. The application of GIS technologies is substantiated for modeling protective properties of sediments, zoning areas by groundwater vulnerability, and generating risk index maps. Special attention is given to the impact of mine flooding, industrial discharges, and military actions on water quality, as well as to the role of remote sensing techniques in documenting hazardous processes.

Keywords. geoinformation modeling, water resources, environmental security, remote sensing of the Earth, GIS mapping, environmental challenges, military actions.

Постановка проблеми. Сучасна динаміка змін геологічного середовища України відбувається на тлі складних і неоднорідних природних умов, які поєднуються із зростанням масштабів техногенного впливу. Інтенсифікація промислової діяльності, аграрне навантаження, урбанізаційні процеси та воєнні дії спричиняють суттєві трансформації геохімічних, гідрогеологічних та інженерно-геологічних умов. Одним із найбільш вразливих елементів природного середовища є підземні води, які зазнають як якісних, так і кількісних змін. Стійке погіршення їхніх гідрохімічних і гідродинамічних характеристик проявляється у підвищенні концентрації нітратів, сульфатів, хлоридів, важких металів та органічних сполук, що напряму впливає на здоров'я населення і стан екосистем.

Додатковим фактором ускладнення ситуації є радіонуклідне забруднення, спричинене аварією на ЧАЕС та подальшим міграційним поширенням у ґрунтових горизонтах, а також ризики техногенної міграції забруднювачів унаслідок затоплення шахт і пошкодження інфраструктурних об'єктів у зонах бойових дій. Такі процеси мають не лише локальний, а й транскордонний характер, формуючи загрози для сусідніх регіонів.

В умовах наростаючого антропогенного та воєнного тиску інтегральна оцінка еколого-геологічних умов стає критично необхідною. Вона має включати комплексний аналіз захисних властивостей зони аерації, картографування ризиків та прогнозування часу проникнення забруднювачів у перший від поверхні водоносний горизонт. Саме районування територій за умовами захищеності підземних вод створює основу для визначення зон підвищеної небезпеки, розробки превентивних природоохоронних заходів,

планування моніторингових систем та забезпечення екологічної безпеки населення на регіональному й державному рівнях.

Аналіз останніх досліджень. Дослідження еколого-геологічного стану підземних вод і факторів їх деградації активно розвиваються в українській та зарубіжній науковій традиції. Увага приділяється питанням впливу техногенних навантажень, зокрема промислових і аграрних викидів, на зміну гідрохімічних показників водоносних горизонтів, а також методикам оцінки природної захищеності ґрунтових вод. Вагомий внесок у цій сфері зроблено через створення карт природної захищеності підземних вод, які дозволили здійснити базове районування територій за ступенем вразливості до забруднення.

Важливим напрямом наукових пошуків є використання геоінформаційних систем (ГІС) для інтегрованого аналізу даних та просторового моделювання. ГІС-технології забезпечують можливість поєднання інформації про літологічний склад зони аерації, її потужність та фільтраційні властивості, що дозволяє оцінювати час і масштаби проникнення забруднюючих речовин у ґрунтові води. Такі підходи успішно застосовуються для прогнозування поширення нітратів, сульфатів, важких металів і радіонуклідів у межах різних геологічних регіонів України[1]..

Окрему увагу приділено проблемам геоінформаційного моделювання та управління екологічними викликами під час російсько-української війни, які розглядаються в низці опублікованих праць. Зокрема, у дослідженнях Трофимчука О.М., Яковлєва Є.О., Мальованого М.С., Архипової Л.М. та інших авторів аналізується вплив бойових дій на підземні й поверхневі води, ризики затоплення шахт, деградацію ландшафтів та загострення проблем екологічної безпеки. Ці роботи підкреслюють необхідність застосування сучасних методів дистанційного зондування Землі, космічної зйомки та автоматизованого дешифрування даних для моніторингу окупованих і прифронтових територій.

Таким чином, наявна наукова база окреслює як фундаментальні підходи до оцінки захищеності підземних вод, так і новітні технологічні рішення, що дають змогу враховувати надзвичайні ситуації, пов’язані з воєнними діями. Це створює основу для подальшого вдосконалення системи екологічного моніторингу та розробки практичних інструментів управління ризиками на рівні державної політики та регіональних стратегій.

Метою роботи є обґрунтування та апробація геоінформаційних методів оцінки стану підземних вод шляхом моделювання захисних властивостей зони аерації, прогнозування часу проникнення забруднювачів і формування індексних карт ризику для територій із підвищеним техногенним і воєнним навантаженням.

Виклад основного матеріалу. Сучасна еколого-геологічна ситуація в Україні визначається динамічними змінами у геологічному середовищі, що відбуваються під впливом поєднання складних та неоднорідних природних умов із масштабним техногенним навантаженням. Такі обставини зумовлюють необхідність проведення комплексних системних досліджень, що вимагають координації зусиль багатьох відомств та міжнародної співпраці. В Інституті телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України реалізується низка наукових проєктів, спрямованих на оцінку екологічного стану геологічного середовища та розробку сучасних методів його моніторингу[2]..

Тривалий і значний техногенний вплив призвів до комплексних змін геохімічних, гідрогеологічних та інженерно-геологічних умов, що в окремих регіонах набули транскордонного характеру і зумовили стійке погіршення природної обстановки. Суттєво змінюються гідрохімічні та гідродинамічні параметри підземних вод. Масштаби геохімічної діяльності людини стали співставними з природними процесами літосфери, що яскраво проявляється у забрудненні ґрунтів важкими металами. Особливим фактором екологічної небезпеки стало радіонуклідне забруднення, спричинене аварією на ЧАЕС. У межах західного та південного «слідів» на площі понад 120 тис. км² ґрунти зазнали радіаційного ураження, що поширилося також на території інших країн.

В умовах таких викликів актуальним є завдання інтегральної оцінки еколого-геологічних умов, проведення районування територій та виявлення закономірностей і динаміки негативних змін. Метою подібних досліджень є не лише картографування та прогнозування розвитку небезпечних процесів, але й створення наукової основи для організації системного моніторингу.

Окреме місце у цих дослідженнях посідає аналіз стану підземних вод. Першочергову увагу привертає оцінка захисних властивостей зони аерації, яка є природним бар'єром на шляху проникнення забруднювачів[3]. Саме ця зона визначає час надходження шкідливих речовин у перший від поверхні водоносний горизонт, а також виступає середовищем для процесів сорбції та іонного обміну. В Україні, де майже 70 % сільського населення використовує води цього горизонту для господарсько-побутових потреб, дослідження захисного потенціалу зони аерації набуває особливої ваги.

Для оцінки захисних характеристик застосовуються ГІС-технології. Основними показниками виступають потужність та літологічний склад порід зони аерації. Однак в Україні існує обмежена кількість визначень коефіцієнтів фільтрації цих порід, що ускладнює розрахунки. Фрагментарні дані були отримані ще під час крупномасштабних зйомок у 1970-ті роки та окремих спеціалізованих досліджень. Нині важливим напрямом є прогнозування міграції радіонуклідів у межах 30-кілометрової зони ЧАЕС.

Для обґрунтованої оцінки використовуються методичні підходи, закладені у «Картах природної захищеності підземних вод УРСР» масштабу 1:200 000. Вони базуються на даних про потужність зони аерації та наявність слабопроникних відкладів (глин, суглинків). Отримані результати свідчать, що ґрунтові води на більшості території України залишаються практично незахищеними. Розрахунки показали, що максимальний час проникнення забруднювачів формується завдяки наявності слабопроникних прошарків[4]..

ГІС-моделювання, яке виконувалося на основі електронних карт літологічного складу та потужності зони аерації масштабу 1:1 000 000, дозволило здійснити диференціацію територій за ступенем захищеності. Для побудови просторових моделей застосовано метод векторного накладання шарів, що забезпечив автоматизоване визначення зон перетину параметрів. Це дало змогу виділити п'ять градацій часу можливого проникнення забруднень: менше 50 діб; 50–250 діб; 250–1000 діб; 1000–3000 діб; понад 3000 діб. Хоча такі схеми є узагальненими, вони достовірно відображають тенденції поширення забруднень і можуть використовуватися для регіональних оцінок.

Подібні результати підтверджуються й дослідженнями, проведеними за російськими методиками для басейну Дніпра, що засвідчує об'єктивність підходів. Проте нинішня ситуація ускладнюється впливом воєнних дій. Масштабна агресія Росії спричинила додаткові ризики, пов'язані з аваріями на об'єктах критичної інфраструктури та вугільних шахтах. Це суттєво загострило проблеми забруднення та якості питних вод.

Якість водопостачання в багатьох регіонах знижується під дією трьох груп чинників: техногенних (скиди промислових і побутових стоків у річки, зокрема в басейні Сіверського Дінця), природно-геологічних (складні гідрогеологічні умови, просадні та набухаючі ґрунти, вилуговування кальцію і магнію з крейдяних відкладів) та впливу шахтних вод. Програма реструктуризації вугільної промисловості без належних прогнозних оцінок екологічних наслідків призвела до масштабного затоплення шахт, що супроводжується підтопленням територій, забрудненням підземних і поверхневих вод, а також незворотними змінами гідрогеологічного режиму.

Особливу небезпеку становлять шахтні води, насичені солями та важкими металами, що неконтрольовано надходять у природні водні об'єкти. У Луганській області ця проблема загострилася ще більше через окупацію і втрату контролю над екологічною ситуацією. Прогнозні оцінки вказують на ризик незворотного засолення водоносних горизонтів, масового підтоплення та руйнування інфраструктури.

У таких умовах космічна зйомка та дистанційні методи моніторингу стають критично важливими. Вони дозволяють отримувати об'єктивні дані для картографування екологічної ситуації, аналізу динаміки забруднення та планування заходів реагування

навіть на важкодоступних і небезпечних територіях. Використання сучасних супутникових систем (Aura, Aqua, Parasol, Gcom-W1 тощо) у поєднанні з польовими геодезичними матеріалами забезпечує можливість комплексної оцінки стану довкілля. Додатково залучаються безпілотні літальні апарати, оснащені сенсорами радіаційного та хімічного контролю, що дозволяє здійснювати оперативний моніторинг у районах підвищеної небезпеки.

Таким чином, системні дослідження геологічного середовища з використанням ГІС та дистанційних методів створюють наукове підґрунтя для виявлення та прогнозування негативних змін, що визначають екологічну безпеку територій. Вони дають можливість своєчасно виявляти ризики для підземних і поверхневих вод, оцінювати вплив воєнних дій та стихійних процесів, а також формувати картографічну основу для управління та захисту водних ресурсів.

Висновки. Проведені дослідження підтвердили, що сучасні методи геоінформаційного моделювання є ефективним інструментом для оцінки стану підземних вод і прогнозування їхньої вразливості до техногенного та природного забруднення. Запропонована методика створення просторових моделей дозволила диференціювати території України за умовами захищеності ґрунтових вод і визначити часові інтервали надходження забруднювачів у перший від поверхні водоносний горизонт. Отримані результати показали, що заплавні й надзаплавні ділянки річок характеризуються найнижчим захисним потенціалом і становлять зони підвищеного екологічного ризику. Натомість території з потужними прошарками глин та суглинків продемонстрували більш високий рівень природного бар'єрного захисту. Така диференціація створює наукове підґрунтя для картографування зон ризику та розробки превентивних природоохоронних заходів.

Важливим практичним результатом стало впровадження індексної оцінки ризику, яка базується на аналізі трьох компонентів — «Небезпека — Вплив — Вразливість». Застосування цього підходу дозволяє не лише кількісно оцінити ризики для підземних вод, а й пріоритезувати природоохоронні дії, оптимізувати розподіл ресурсів та забезпечити ефективне планування моніторингових систем.

Особливу актуальність результати дослідження набувають у контексті воєнних дій, що спричинили неконтрольоване затоплення шахт, руйнування інфраструктури та посилення транскордонних екологічних загроз. Воєнний фактор істотно підвищує ризики деградації підземних вод, що вимагає інтеграції дистанційних методів моніторингу, супутникової зйомки, геоінформаційного картографування та системного управління ризиками.

Список використаних джерел:

1. Трофимчук О.М., Адаменко О.М., Триснюк В.М. Геоінформаційні технології захисту довкілля природно-заповідного фонду /Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України; Івано-Франківськийнац. тех. ун-т нафти і газу. - Івано-Франківськ :Супрун В.П., 2021. – 343 с.// ISBN 978-617-7468-53-9. 10.3997/2214-4609.201902083

2. Архипова Л.М. Методи оцінки екологічної небезпеки природно-технічних систем в районах нафтогазовидобутку / Л.М.Архипова // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. - №3(29), 2011. - С. 29-33.

3.Trofymchuk, O., Kalyukh, Y., Hlebchuk, H. [2013] Mathematical and GIS-modeling of landslides in kharkiv region of Ukraine. LandslideScienceandPractice: Spatial Analysis and Modelling. – Springer, Berlin, Heidelberg. 347-352.

4. Tymchuk V., Trysnyuk V. The systematic review of variety of military, weapon, combat and warfare system-ofsystems wuth their new classification and ontology depiction for further concept and design development for the Armed Forces of Ukraine Міжнародний науковий журнал "Military Science" Том 2 № 1 (2024)…С.102-107. DOI: 10.62524/msj.2024.2.1.09.

ЗЕЛЕНИЙ ПЕРЕХІД: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ



UDC 620.97:621.577.4:622.33

GEOSYN PROJECT: POTENTIAL INDUSTRIES FOR HIGH TEMPERATURE HEAT PUMP INTEGRATION AS DECARBONIZATION PATHWAY

Demchuk Yu., *y.demchuk@geothermalukraine.org,*
Popadynets T., *t.popadynets@geothermalukraine.org,*
NGO Geothermal Ukraine, Ivano-Frankivsk, Ukraine

The industrial sector is one of the largest energy consumers and carbon emitters in the EU and associated countries as Ukraine, making it a key focus for decarbonization. Within the Horizon Europe GEOSYN project (Grant agreement ID: 101172812), a comprehensive assessment was conducted to explore the role of geothermal energy and proposed high-temperature heat pump (HTHP) in reducing emissions and increasing efficiency. In 2023, industry accounted for 24.6% of EU final energy use. Around 81% of industrial demand is thermal, of which 66% is process heat, leading to approximately 552 Mt CO_2 annually. Importantly, 37% of process heat requirements are below 200 °C—well suited for geothermal and HTHP applications. Sectoral analysis highlights chemicals, food & beverages, pulp & paper, and non-metallic minerals as priority industries, with additional opportunities in iron & steel, textiles, and non-industrial actors such as data centres and supermarkets. The EU's technical waste-heat potential is estimated at 920 TWh annually, with 300 TWh considered economically viable. Through mapping of over 200 industrial players across 15 countries, and selecting 5 additional case studies, GEOSYN identifies strong real-world deployment opportunities. These findings underscore the potential of geothermal-HTHP systems to accelerate industrial decarbonization, and support EU climate neutrality targets.

Introduction. The European Green Deal targets a 55% reduction in greenhouse gas emissions by 2030 and climate neutrality by 2050. Achieving this requires transformation of the industrial sector, guided by major EU policies: **Industrial Emissions Directive (2010/75/EU):** use of Best Available Techniques (BAT); **Energy Efficiency Directive (2012/27/EU):** mandatory audits and energy management; **Renewable Energy Directives (RED II & III):** binding targets for renewable heating and cooling.

High energy prices and competitiveness pressures are accelerating interest in low-carbon process heating solutions, including geothermal energy and advanced HTHPs.

Industry represented 24.6% of EU energy demand in 2023, behind transport (32%) and households (26%). Electricity (32.6%) and natural gas (31.3%) account for two-thirds of demand. 81% of industrial energy demand is thermal, with 66% used for process heat. Fossil fuel dependence results in ~552 Mt CO_2/year. 37% of process heat is below 200 °C, creating strong potential for geothermal and HTHPs.

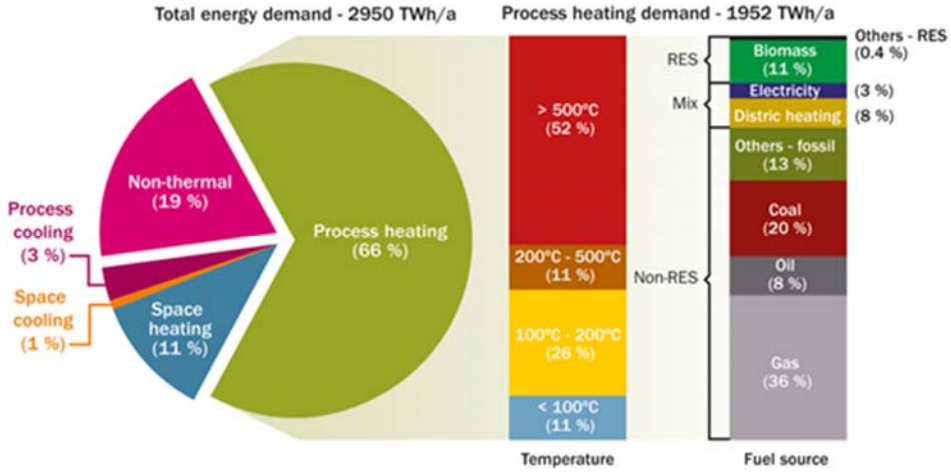


Fig. 1. Overview of the final energy demand in the EU industry with applications and temperature levels [1].

Within the industrial sector, the highest energy consumers in the EU in 2023 were the chemical and petrochemical industry (21.5% of total industrial energy consumption), the non-metallic minerals, including cement, glass, bricks, and ceramics sectors (14.5%) and the paper, pulp and printing industry (14.3 %) [2], following by Food, beverages and tobacco (12.9%), iron and steel (10.6%), and others (Fig. 2).

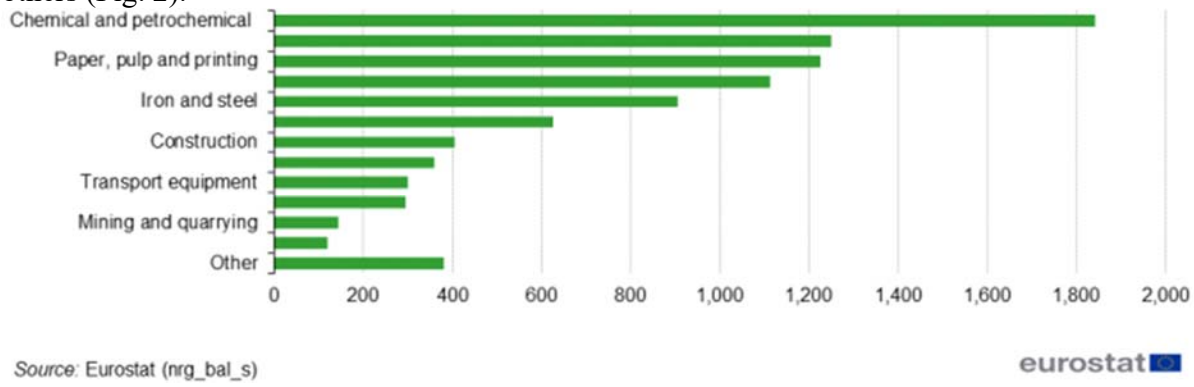


Fig. 2. Total final energy consumption by industrial sector, EU, 2023 [3]

Geographically, Germany, France, Italy, the UK, and Spain dominate industrial heat demand. Nearly **70% of direct industrial emissions** are linked to furnaces, steam, and hot water generation—demonstrating the importance of thermal decarbonization.

Temperature Requirements and Process Heat Demand. Industrial processes are closely linked to temperature levels (Table 1).

Table 1. Temperature Band Classification and Associated Industry Sectors

Temperature Band	Range	Typical Sectors
Low	< 100 °C	Food & beverage, pulp & paper, textiles
Lower-medium	100–200 °C	Chemicals, food, pulp & paper, machinery
Upper-medium	200–500 °C	Chemicals, non-metallic minerals
High	> 500 °C	Iron & steel, cement, ceramics, non-ferrous metals

GEOSYN project [4] mission is to develop an innovative, high-temperature steam heat pump integrated with a heat-powered refrigeration cycle using water as a natural working fluid. This cutting-edge solution will enable industries to maximize the cascading use of geothermal energy while offering flexibility, efficiency, and sustainability. GEOSYN focuses on 150–250 °C medium-enthalpy geothermal resources, coupled with HTHPs capable of upgrading waste heat. These systems can provide heat for drying, sterilization, evaporation, and distillation. By 2030, heat pumps are expected to supply 20% of EU industrial heat demand below 200 °C.

Industrial Applications for GEOSYN. The practical integration of GEOSYN HTHP technology across diverse industrial sectors begins by identifying and analyzing key industrial processes where medium-enthalpy geothermal energy (150–250°C) and advanced heat pump systems can deliver meaningful carbon reductions and energy efficiency gains.

Through detailed sector screening, the chapter highlights high-potential use cases, particularly in the chemical, pharma, food and beverage, paper, and mineral processing industries. It also examines waste heat utilization strategies, emphasizing the role of HTHPs in recovering low-grade heat and converting it into usable process energy. Based on this analysis, the following high heat demand sectors were prioritized, although low-temperature heat use industries were also considered (Table 4).

Table 2. Identified potential industrial applications for the GEOSYN technology

Sector / Type	Industrial Processes	Process Temperature Range (°C)	Other Comments
Chemical & Petrochemical	Distillation, reactor heating, evaporation, polymerization reactions, soap production, synthetic rubber, catalytic reactions	150–250 °C	Largest user of <250 °C heat; GEOSYN ideal for upgrading waste to reuse in processes.
	Compression	110–170 °C	
	Thermoforming	130–160 °C	
Iron & Steel	Preheating, annealing, drying, washing	180–250 °C (some higher)	Some low-temp processes may benefit, though >500 °C dominates overall.
Non-metallic minerals	Drying, calcining, curing (e.g. gypsum), glass production	150–250 °C	Cement & ceramics sectors have partial heat needs in this range.
Cement	Raw meal drying, Pre-heating of feedstock	200–250 °C	GEOSYN can target drying and flue gas recovery systems.
Ceramics	Glazing, kiln flue recovery, drying	150–250 °C	Indirect waste heat streams available for reuse.
Food & Beverages (F&B)	Various – see breakdown below	100–250 °C	One of the most promising sectors for heat pumps below 250 °C.
Dairy	Milk pasteurization, rikotta making sterilization, drying	90–180 °C	Require huge ammount of the heat. Ideal for GEOSYN solution.
Meat & Poultry	Cooking, smoking, rendering	100–200 °C	Often batch-based processes with reuse potential.
Bakery & Confectionery	Baking, frying, chocolate tempering	150–250 °C	High process temps; energy-intensive.
Breweries	Wort boiling, fermentation control	80–160 °C	Integration of heating/cooling ideal for heat pump systems.
Beverages (non-alcoholic)	Pasteurization, CIP (clean-in-place), carbonation	70–150 °C	High cleaning energy demand.
Fruits & Vegetables	Blanching, canning, drying	100–180 °C	Often use steam and hot water; large recovery potential.
Sugar & Starch	Evaporation, crystallization	120–200 °C	High evaporation losses = strong waste heat base.
Oils & Fats	Refining, deodorization	150–250 °C	Excellent candidate for HTHP integration.
Fish & Seafood	Steaming, drying, canning	100–180 °C	Often done near coastlines—integrates well with renewables.
Pet Food	Extrusion, drying, sterilization	120–200 °C	Often use indirect heating; strong recovery options.
Pulp & Paper	Drying	90–240 °C	High, continuous low/medium-temp needs – ideal for heat pump retrofits.
	Bleaching	150–160 °C	
	Boiling	150–190 °C	
Transport Equipment	Paint curing, surface cleaning	150–200 °C	Paint booths & coating ovens may be suitable for HTHPs.
Textiles & Leather	Dyeing, drying, pressing	150–200 °C	High humidity processes = good synergy with heat pumps.
Wood	Kiln drying, veneer pressing	150–200 °C	Some potential for steam replacement in drying kilns.

Industries that consistently produce large amounts of waste heat are especially well-suited for the economical implementation of industrial heat pumps. Sectors such as steel, paper, food, and chemicals fall into this category. Deploying GEOSYN solution in these industries has the potential to meet a significant portion of their process heat requirements in an environmentally sustainable manner, while also offering notable competitive benefits.

To validate the effectiveness of the GEOSYN concept, five case studies were selected from the industries. These case studies were used to evaluate operational flexibility strategies (e.g., start-up and ramp-up scenarios) of the GEOSYN solution, as if it were implemented in the selected virtual industrial plants.

The additional case studies were drawn from different industrial sectors, facility sizes, and process input parameters, covering a wide range of conditions to demonstrate the scalability of the GEOSYN solution. They represent industries from Italy (geothermal Brewery), Ukraine (paper), Croatia (food), France (cement), and Finland (chemical – TBC).

Based on the input parameters provided by the industries, the study will include a comprehensive analysis of the process heating requirements of each plant and evaluate the potential integration of a HTHP into the existing system. A validated system model of the GEOSYN heat pump/chiller will be employed to assess its capacity to meet the thermal demands of the selected plants. Additionally, a simulation model will be developed to evaluate the integration of the HTHP within the industrial process, using minimal plant data.

Conclusions. The GEOSYN project highlights the significant potential of geothermal and HTHP technologies for industrial decarbonization of Ukraine:

- A substantial share of industrial heat demand lies within the 150–250 °C range, suitable for GEOSYN solutions.
- Chemicals, food & beverages, dairy, pulp & paper, wood are the most promising industries.
- Waste-heat recovery is a major untapped resource.
- Partnerships with industry associations and policymakers are essential to scale adoption.

GEOSYN provides a viable pathway for decarbonizing industrial heating and cooling, contributing to EU and Ukrainian climate goals while enhancing energy security and competitiveness.

References:

1. Robert de Boer, Andrew Marina, Benjamin Zühlsdorf, Cordin Arpagaus, Michael Bantle, Veronika Wilk, Brian Elmegaard, José Corberán, Jessica Benson, Strengthening Industrial Heat Pump Innovation Decarbonizing Industrial Heat, p.9. Available online: https://publications.tno.nl/publication/34636827/LyEUaZ/TNO-2020-heatpump.pdf
2. EU's industries dependent on electricity and natural gas. Available online: https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20221202-2
3. Eurostat database - Final_energy_consumption_in_industry_-_detailed_statistics. Available online: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Final_energy_consumption_in_industry_-_detailed_statistics#The_highest_industrial_energy_consumers_in_the_EU
4. GEOSYN project website: https://geosynproject.eu/

УДК 553.982:622.3:62-921.1(477)

ПОШУКИ БІЛОГО ВОДНЮ В УКРАЇНІ

Дубосарський В.Р., *к. геол. н., пров. наук. співр., dvr2569@ukr.net,*
Мамишев І.Є., *ст. наук. співр., iemamyshev@gmail.com,*
Довбиш Н.С., *ninad55@ukr.net,*
Інститут геологічних наук Національної академії наук України, Київ, Україна

Розглянуто основні способи утворення білого водню в природних умовах. Визначено процеси, що впливають на породи при утворенні водню. Виділено території України, на яких може утворюватися білий водень, а за сприятливих умов накопичуватися, утворюючи родовища. Для утворення покладу водню не потрібно потужного осадового басейна, а необхідна непроникна покришка. Видобуток білого водню дешевше ніж виробництво іншого водню. В якості пошукового методу може виступати поверхнева геохімічна зйомка з відбором проб підґрунтового повітря. Подібні роботи проводяться в Інституті геологічних наук НАН України у відділі під керівництвом І.Д. Багрія, де була створена технологія структурно-термо-атмо-гідролого-гідрогеохімічних досліджень для пошуку вуглеводнів.

SEARCH FOR WHITE HYDROGEN IN UKRAINE

Dubosarsky V., *Cand. Sci. (Geol.), leading researcher, dvr2569@ukr.net,*
Mamyshev I., *senior researcher, iemamyshev@gmail.com,*
Dovbysh N., *ninad55@ukr.net,*
Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences Ukraine, Kyiv, Ukraine

The main methods of formation of white hydrogen in natural conditions are considered. The processes that affect rocks during the formation of hydrogen are determined. The territories of Ukraine where white hydrogen can be formed and, under favorable conditions, accumulate, forming deposits are identified. The formation of a hydrogen deposit does not require a powerful sedimentary basin, but an impermeable cover is necessary. The extraction of white hydrogen is cheaper than the production of other hydrogen. Surface geochemical surveying with sampling of subsurface air can act as a search method. Similar work is carried out at the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine in the department under the leadership of I.D. Bagry, where the technology of structural-thermal-atmo-hydrological-hydrogeochemical research for the search for hydrocarbons was created.

Вступ. Мета пошуку білого водню — знайти економічно вигідні та екологічно безпечні джерела енергії для переходу до низьковуглецевої економіки. Однак технології його видобутку та масштабування його пошуку та видобутку ще потребують розвитку.

Для спрощення ідентифікації методів видобутку водню по впливу на екологію розроблена класифікація за кольором, який змінюється в залежності від кількості оксиду вуглецю, що виділяється при його виробництві. В перших схемах класифікації білого (інакше називають: природного, геологічного, золотого) водню не виділялось. Вважалось, що в природі (земній корі) родовищ водню не існує. Однак у 1987 р. в Малі поблизу селища Буракебугу при бурінні свердловини на воду було отримано газ, при аналізі якого було встановлено, що він на 98 % складається з водню. До цього часу така концентрація водню в газовій суміші була не відома. Водень до цього випадку зустрічався як супутній газ в свердловинах, з яких видобувався газ або нафта, дегазувався з води, але як самостійна корисна копалина не реєструвався ніколи. Навіть свердловина в Малі спочатку вважалась як винятковий випадок, її зачинили вважаючи, що з часом водень як активний газ вступить у реакцію з оточуючими породами і зникне, але знов відкривши свердловину у 2012 р., в ній визначили водень. Завдяки цьому було встановлено існування водневих родовищ, але й досі не розроблено технології їх пошуку. Таким чином білий водень природним способом утворюється у земній корі, проникає через земну кору і може накопичуватися у підземних пастках, розчинений у воді, нафті, газі. Він є, його не потрібно виробляти, але треба видобувати, що може сприяти опосередкованим викидам. За загальносвітовою статистикою з багатьох сотень пробурених свердловин на вуглеводні, водень був виявлений в 2% випадків. Однак в надглибоких свердловинах водень був виявлений в понад половині випадків.

Проект в Малі показав, що вартість видобутку білого водню коштує 0,5$ США за кг. Канадський виробник Hydroma проводить видобуток природного водню за орієнтовною ціною 0,5$ за кг. В залежності від глибини і чистоти газу в родовищі, проєкти в Іспанії та Австралії націлені на вартість близько 1$ за кг. Вартість зеленого водню (електроліз води за рахунок поновлювальних джерел) коштує приблизно 6$ США. Вчені різних країн світу працюють над зменшенням вартості водню при його видобутку з різних речовин при використанні різноманітних каталізаторів. Наприклад є проєкти видобутку водню при виготовленні сталі, при цьому вартість водню буде коштувати 7 руб/м^3. Окрім економічної вигоди, білий водень також може мати незначний домішок метану. При вмісті водню 85% і мінімальному забрудненні метаном інтенсивність викиду вуглекислого газу становить близько 0,4 кг еквівалентного вуглекислого газу (CO_2) на кг.

Виклад основного матеріалу. Як може утворитись білий водень?

Загалом визначено шість способів утворення білого водню.

1. Гідротермальні зміни основних та ультраосновних порід, серпентинізація та окислення двовалентного заліза.

Під це утворення потрапляють три випадки:

а) вода є окислювачем у реакціях, в результаті яких утворюється H_2. Серпентинізація зазвичай відбувається в океанічній корі при температурах від 0°C до 400°C. На суші реакція відбувається в офіолітових комплексах при температурі нижче 200°C та зеленокам'яних поясах, що утворюють великі блоки докембрійського фундаменту;

б) утворення водню завдяки реакції окислення, не пов'язаних із серпентинізацією. Це включає залізовмісні силікатні мінерали, що знаходяться в різних типах гірських порід (від базальту до граніту), а реакції протікають при різних температурах, від прохолодних, в неглибоких водоносних горизонтах до гарячих гідротермальних зон;

в) внаслідок вивітрювання, оксиди заліза у смугастих залізних формаціях у випадках, коли окислювачем є кисень (O_2), а не вода, утворення водню може відбуватися на поверхні землі або поблизу неї. Вільний водень, що утворюється, може залишатися захопленим у новоутворених мінералах, а потім вивільнятися в підземні шари після поховання. Ці реакції також можуть відбуватися з водою на смугастих залізних формаціях, що існують під молодим осадовим покривом, навіть при відносно низьких температурах.

2. Радіоліз води внаслідок впливу розпаду радіоактивних елементів. При цьому розщеплюються молекули води, утворюючи водень. Радіоліз залежить від відносного співвідношення калію до урану та торію, співвідношення вода-порода, геометричних співвідношень між водою та породою, ослаблення радіоактивних частинок через гальмівну здатність або гальмівний шлях та чистоту води. Радіоліз найінтенсивніший на межі розділу вода-порода, тому швидкість утворення водню буде найвищою в дрібнозернистих породах із високою пористістю, заповненою водою, та високою концентрацією радіоелементів.

3. Біологічне утворення водню внаслідок життєдіяльності бактерій.

4. Термічний розпад сполук, мінералів, порід що містять водень.

5. Механо-радикальні процеси в розломних зонах. Моделі показують, що під час значних землетрусів генерується велика кількість молекулярного водню – на кілька величин більша, ніж в інших методах генерації.

6. Магматичне/мантійне просочування [4]. Водень є поширеним компонентом вулканічних газів, причому вищі концентрації водню позитивно корелюють з вищими магматичними температурами. Дослідження вулканів показали, що в склад газів деяких з них входить водень. Ще одним джерелом водню можуть бути гази, що виділяються при дегазація мантії, і просочуються крізь земну кору. В такому випадку водень потенційно може бути зосереджений у великих розломах земної кори, що діють як канал для рідини та пастки-заповнювачі, де існує хороший резервуар.

Zgonnik V. у роботі [6] вказує, що природні умови для утворення водню містять басейни з наявністю вуглеводнів, молоді відклади з рясною органікою, вугільні пласти, зони розломів, екструзивні магматичні тіла, лужні магматичні комплекси, геотермальні поля, кристалічні фундаменти, товщі порід, збагачені калієм, соленосні товщі та ультраосновні породи.

Dodson J. в своїй роботі [4] визначив залежність між процесами утворення водню та типами порід, що є потенційними джерелами водню, навів принципову схему факторів, які впливають на утворення водню (рис. 1). Автор вважає за необхідне враховувати наявність води і визначив декілька способів, якими вона може потрапляти та бути доступною для утворення водню в надрах (рис. 2).

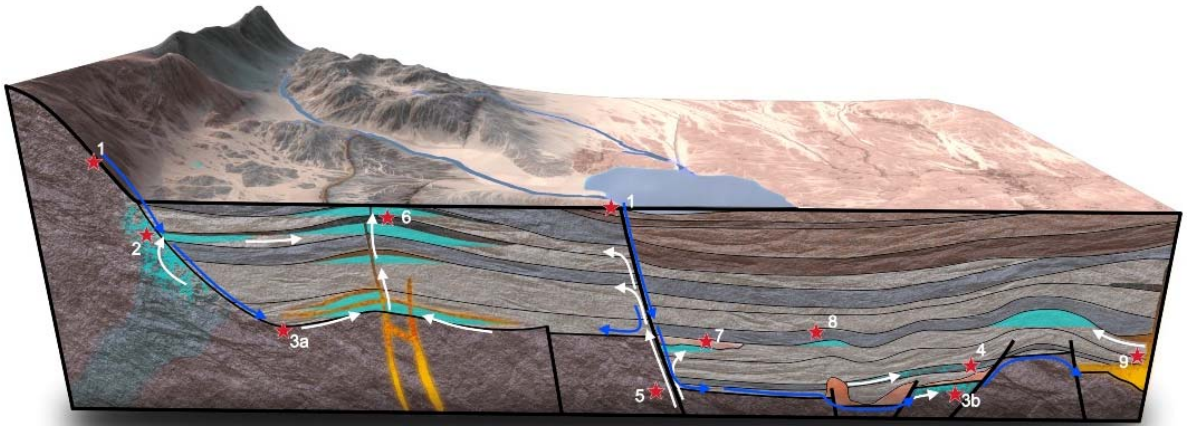


Рис. 1. Принципова схема факторів, що впливають на утворення водню в інтрократонних басейнах (структура, що являє собою велику впадину в земній корі, розташовану всередині стабільної частини континентальної платформи) [4]:
1 – метеорна вода, що просочується в підземні шари; 2 – утворення водню на невеликих глибинах із біологічних активних флюїдів; 3 – серпентинізація порід зеленокам'яного фундаменту та/або окислення силікатів заліза та/або радіоліз у породах фундаменту з високим вмістом урану/торію; 4 – термогенез органічної речовини; 5 – виділення водню з глибоких розломів земної кори; 6 – екран із вулканічних сіллів; 7 – сольова пастка; 8 – екран з аргілітів; 9 – водень, що утворюється внаслідок магматизму/локального термогенезу



Рис. 2. Просочування і вплив води на утворення водню [4]:
1 – метеорна вода, що просочується в підземні шари; 2 – вода утворена при метаморфічній дегідратації; 3 – водень, що надходить з області серпентинізації; 4 – глибинна серпентинізація; 5 – водень, що утримується в відкладах

Які ділянки в Україні можуть розглядатись як перспективні?

Інтрократонні басейни, пов'язані з Українським щитом – древньою стабільною частиною Східноєвропейської платформи, яка є кратоном. Інтрократонні басейни сформувалися внаслідок тривалого осадового накопичення в умовах відносної тектонічної стабільності. Основними в межах України є: Дніпровсько-Донецька западина, Волино-Подільський басейн, Причорноморський басейн.

Як перспективні для пошуку водню виділяють ділянки з підвищеною серпентинізацією. Таких місць в Україні декілька. В межах Внутрішніх Карпат виділяють офіолітовий перидотитовий комплекс і Мармароську зону скель із підвищеною серпентинізацією. В Закарпатті виділяються локальні серпентинізовані ділянки у складі ультраосновних масивів (часто пов'язані з тектонічними зонами й офіолітовими фрагментами). У межах Кримського півострова зафіксовані серпентинізовані ультраосновні породи, зокрема у зонах тектонічних розломів і в складі офіолітових комплексів (Південний берег Криму, Гірський Крим). В окремих ділянках докембрійських ультраосновних масивів Українського щита (наприклад, Кіровоградський, Приазовський блоки) описуються серпентинізовані перидотити та дуніти, які утворилися внаслідок метасоматозу.

Основні зеленокам'яні пояса що виділяються на території України це: Український щит (Придніпровський, Східноєвропейський кристалічний щит). Придніпровський пояс (центральна частина щита, Дніпропетровська область) складається з зеленокам'яних комплексів і метаморфізованих вулканогенно-осадових порід. Інгулецький та Криворізький пояси утворені ультраосновними і базальтовими породами, часто серпентинізованими, Приазовський масив (південний схід України, Запоріжжя – Донбас) має прояв зеленокам'яних комплексів у вигляді ультраосновних і базальтових порід, Криворізький мегамасив один з найвідоміших зеленокам'яних поясів в Україні, багатий на залізні руди та серпентиніти.

Визначено в Україні і ділянки з підвищеною радіоактивністю. Український щит (Придніпровський та Приазовський масиви). У Придніпровському масиві (Дніпропетровська, Кіровоградська області) вміст урану і торію у гранітах і пегматитах вище середнього, а у Приазовському масиві (Запорізька область, Донеччина) пегматитові і гранитоїдні комплекси містять локальні уранові родовища. Кіровоградський блок Українського щита виділяється як зона підвищеної радіогенності (граніти U, Th, K) – локальні аномалії теплового потоку. У Закарпатті (Верхньо-Тисівські гірські райони) виділяються вулканогенно-метаморфічні комплекси та пегматити, які містять підвищені концентрації урану і торію. В Карпатах зони кристалічних порід (гнейси, граніти) мають локальні прояви уранових руд. Вапняково-глинисті басейни містять товщі крейдових і палеогенових відкладів, що мають підвищений вміст радію (наприклад, пісковики і сланці Дніпровсько-Донецького басейну містять радій – Ra-226).

Утворення водню завдяки термічному розпаду водневовмісних сполук буде більш інтенсивне в місцях, де спостерігається підвищення температури (особливо фундаменту), або підвищений температурний градієнт (швидкість зростання температури з глибиною). Райони України з найвищими температурами кристалічного фундаменту і підвищеним геотермічним градієнтом:

1. Закарпатський прогин (Закарпатський басейн) - найбільш аномальний регіон України за геотермією (геотермічний градієнт: 40–60°С/км (місцями ще вищий), температура фундаменту на глибинах 3–5 км може перевищувати 150–200°С, розвинуті численні термальні й мінеральні води (Берегово, Косино, Ужгород).

2. Кримський регіон (передгір'я і південне узбережжя), геотермічний градієнт: 35–50°С/км, відомі глибинні термальні води, грязі Сакського й Чокракського озер, фіксуються високі температури у фундаменті завдяки неотектонічній активності та магматизму.

3. Центральна і південна частини Дніпровсько-Донецького авлакогену, в якому геотермічний градієнт 30–40°С/км (місцями вище 45 °С), високі температури у фундаменті, що підтверджено бурінням глибоких свердловин (6–7 км).

4. Південноукраїнський сегмент Українського щита (Миколаївська – Кіровоградська області). Хоча загалом Український щит має невисокі геотермічні градієнти (20–30°С/км), але локально (особливо у Кіровоградському блоці) спостерігаються аномалії теплового потоку; вважається, що це пов'язано з розломами та підняттям радіоактивних гранітів.

Як розвиток механо-радикальних процесів в розломних зонах розглядаються області Закарпатського прогину, Карпатська складчаста область, Кримсько-Чорноморський регіон, однак як перспективні можуть розглядатись зони з сучасною неотектонічною активністю: Дніпровсько-Донецька западина, окремі блоки Українського щита.

Висновки. Україна є перспективною територією на пошук білого водню. За геологічних умов необхідно породи, які є екраном на шляху міграції водню і пастка для накопичення. Необхідна технологія пошуку. Особливо технологія пошуку водню не буде відрізнятись від технології пошуку вуглеводнів, але є специфічні умови саме утворення і накопичення водню. Якщо водень утворюється з водневовмісних сполук внаслідок їх розкладання, то він мігрує разом з ними, а якщо утворення пов'язано з магматичним, термічним, радіолізом, гідротермальним способом, то шлях міграції відрізняється він вуглеводневого. На першому етапі в якості пошукового методу може виступати поверхнева геохімічна зйомка з відбором проб підґрунтового повітря. Подібні роботи проводились в Інституті геологічних наук НАН України у відділі під керівництвом І.Д. Багрія [1, 2, 3]. Була створена технологія структурно-термо-атмо-гідролого-гідрогеохімічних досліджень (СТАГГД), яка використовується для пошуку вуглеводнів. Наявність водню в пробах свідчить о наявності розвантаження водню, а існування поблизу ділянок з відсутністю водню свідчить про екранування і формування можливої пастки.

Відкриття родовища водню в Малі яке має діаметр 8 км, глибину залягання пластів з воднем від 30-135 до 223-1500 м, складається як мінімум з п'яти резервуарів, що розділені долеритовими силами [5]. Мала глибина розташування родовища водню свідчить про те, що для утворення покладу водню не потрібно потужного осадового басейна, а необхідна непроникна покришка, в тому числі консолідований фундамент.

Список використаних джерел:

1. Багрій І.Д., Репкін О.О., Забулонов Ю.Л. та ін. H_2 – водень. Екологічне джерело декарбонізації – шлях до енергетичної незалежності України. Київ: Інститут геологічних наук НАН України, ДП "Українська Геологічна Компанія", 2023. 68 с. ISBN 978-966-7896-89-8.

2. Геолого-структурно-термо-атмогеохімічні технології прогнозування, пошуків і розвідки родовищ вуглеводнів. Навчальний посібник [І.Д. Багрій, О.М. Карпенко, В.Г. Семенюк та ін.]. Київ: ІГН НАН України, 2016. 309 с. ISBN 978-966-02-8042-7.

3. H_2 – водень. Еколого-енергетичні виклики XXI сторіччя. Глобальні проекти. Шляхи реалізації. [І.Д. Багрій, О.О. Репкін, Ю.Д. Забулонов та ін.]. Київ: ДП «Українська Геологічна Компанія», 2023. 292 с.

4. Dodson James. The genesis of natural hydrogen exploration. Published Date: June 17, 2024. Режим доступу: https://geoexpro.com/the-genesis-of-natural-hydrogen-exploration/.

5. Prinzhofer A., Ciss C.S.T., & Diallo A.B. Discovery of a large accumulation of natural hydrogen in Bourakebougou (Mali). Journal of Hydrogen Energy. 2018. 43(42). 19315-19326.

6. Zgonnik V., Beaumont V., Deville E., Larin N., Pillot D., & Farrell K.M. Evidence for natural molecular hydrogen seepage associated with Carolina bays (surficial, ovoid depressions on the Atlantic Coastal Plain, Province of the USA). Progress in Earth and Planetary Science, 2, 31, 2015. https://doi.org/10.1186/s40645-015-0062-5

УДК 661.96

ВОДЕНЬ – ЕЛЕМЕНТ НОМЕР ОДИН: ОТРИМАННЯ, ЗБЕРІГАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ

Дехтяренко В.А.*[1,2]*, *д. тех. н., с. д., Devova@i.ua,*
Прядко Т.В.*[1]*, *к. фіз.-мат. н., с. д., pryadko@imp.kiev.ua,*
Максимова С.В.*[2]*, *д. тех. н., професор, maksymova@paton.kiev.ua,*
Михайлова Г.Ю.*[1]*, *к. фіз.-мат. н., с. д., mihajlova.halina@gmail.com,*
1 – Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України, Київ, Україна,
2 – Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, Київ, Україна

В даній роботі, виділені три основні проблеми які певним чином стримують активне застосування водню для повного забезпечення життєдіяльності людини. А саме: отримання; безпечне зберігання і транспортування; використання. Зазначено певні шляхи отримання водню, альтернативними методами. Представлено три основні методи зберігання водню. Зазначено їх переваги та недоліки. Показано, що водень використовується не тільки у енергетиці, в якості палива. Також, він активно використовується у порошковій металургії як легуючий елемент. Крім того, останнім часом, водень використовується і в медицині, особливо при лікування хворих на COVID-19.

HYDROGEN – THE FIRST ELEMENT: OBTAINING, STORAGE AND APPLICATION

Dekhtyarenko V.*[1,2]*, *Dr. Sci. (Eng.), senior researcher, Devova@i.ua,*
Pryadko T.*[1]*, *Cand. Sci. (Phys.-Math.), senior researcher, pryadko@imp.kiev.ua,*
Maksymova S.*[2]*, *Dr. Sci. (Eng.), professor, maksymova@paton.kiev.ua,*
Mykhailova H.*[1]*, *Cand. Sci. (Phys.-Math.), senior researcher, mihajlova.halina@gmail.com,*
1 – G.V. Kurdyumov Institute for Metal Physics of the N.A.S. of Ukraine, Kyiv, Ukraine,
2 – E.O. Paton Electric Welding Institute, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

In this work, three main problems are highlighted that in a certain way hinder the active use of hydrogen to fully ensure human life. Namely: obtaining; safe storage and transportation; application. Certain ways of obtaining hydrogen by alternative methods are indicated. Three main methods of storing hydrogen are presented. Their advantages and disadvantages are indicated. It was shown that hydrogen is used not only in energy, as a fuel. It is also actively used in powder metallurgy as an alloying element. In addition, recently, hydrogen has also been used in medicine, especially in the treatment of patients with COVID-19.

ВСТУП

У теперішній час до основних причин, що визначають необхідність якнайшвидшого переходу до альтернативної енергетики, а саме екологічної, економічної, соціальної, додаються ще і політичні. Країна, яка повністю освоїть альтернативну енергетику, здатна претендувати на свій шлях розвитку і фактично бути незалежною від ціни на енергетичні ресурси в світі. Не останнє місце у списку альтернативних джерел енергії, займає воднева енергетика. Оскільки, науковці стверджують, що «Водень — паливо майбутнього». Воднева енергетика стала одним із найперспективніших рішень енергетичних та екологічних проблем 21-го століття. У пошуках сталих та чистих альтернатив для заміни викопного палива, водень вирізняється не лише своєю поширеністю, але й потенціалом стрімкого розвитку різних секторів, таких як транспорт, промисловість та енергетика. Крім того, світ рухається і до декарбонізації, і саме водень є перспективним рішенням, завдяки високій щільності енергії та потенціалу для роботи з нульовими викидами. У багатьох країнах світу дослідження з водневої енергетики, вже є пріоритетними напрямами розвитку науки. Однак, щоб цей прорив став відносно швидкою реальністю, необхідне всебічне та міждисциплінарне розуміння технологій та методів, пов'язаних **з отриманням, зберіганням, розподілом та використанням водню**. [1].

Вибір водню [1] як енергоносія обумовлений рядом суттєвих переваг у порівнянні з вуглеводнями. Головними з цих переваг є [2]: практично необмежені запаси сировини, якщо у якості матеріалу для отримання водню розглядати воду (вміст води в гідросфері $1{,}39*10^{18}$т); екологічна безпека водню, оскільки продуктом його згорання є вода; теплота згорання водню є найбільшою серед інших видів палива і дорівнює – 143,06 МДж/кг (для

умовного вуглеводневого палива – 29,3 МДж/кг); висока теплопровідність, а також низька в'язкість, що дуже важливо при його транспортуванні по трубопроводах.

Відповідно до існуючих літературних даних [3,4], можна виділити три основні напрями наукових досліджень, що пов'язані з воднем. По-перше, це **отримання** водню. По-друге, це його безпечне **зберігання та транспортування**. По-трете, це **використання** водню у різних виробничих процесах.

На сьогоднішній день, умовно, можна поділити отримання водню на дві основні групи.

До першої, відноситься водень природнього походження [5,6]. Це водень який видобувається із надр землі, як корисна копалина (білий водень). Вважалось, що це найпростіший спосіб його отримання. Проте, отриманий таким чином газ, містить певну кількість домішок (до 20 %), що вимагає його додаткове очищення.

Друга група – це біоводень, що отримується в результаті хімічної реакції. Найпоширенішим представником даної групи, є електроліз води. Це хімічний процес, за якого вода (H_2O) розщеплюється на кисень (O_2) і водень (H_2) за допомогою постійного електричного струму, що проходить через неї. Даний спосіб вже досить широко впроваджено у виробництво. Окрім зазначеного, також розроблено альтернативні способи отримання водню. Наприклад, отримання водню з багатокомпонентних харчових відходів, шляхом темнової ферментації [3]. Слід зауважити, що розробки даного типу, дозволяють вирішувати одночасно кілька проблем. Це отримання екологічно чистого поновлюваного енергоносія – H_2, вирішення проблеми накопичення екологічно небезпечних харчових відходів та зниження емісії вуглецевого газу. Як зазначають автори [3], конкурентоздатність таких технологій конверсії твердих органічних відходів, забезпечується завдяки низькій вартості відходів (як вихідної сировини) та комплексному виробництву різних цінних продуктів, а саме: водень; вугілля; електрична енергія; рідинні сполуки; замінники природного газу.

Зберігання та транспортування водню відбувається у трьох різних агрегатних станах.

По-перше, це зберігання водню у рідкому стані, що вимагає його охолодження до температури - 253 °С [7]. Для цього використовуються спеціальні термічно ізольовані контейнери. Цей метод дозволяє зменшити обсяг водню для зберігання та транспортування, але потребує значних енергетичних затрат на охолодження та великої обережності через високу пожежонебезпеку та ризик випаровування водню.

По-друге, зберігання водню у твердому стані. У даному випадку використовуються тверді сполуки - металеві гідриди як зручний способів зберігання та транспортування водню [8]. Цей клас матеріалів характеризується значним об'ємом поглинутого ними водню, який на декілька порядків перевищує об'єм вихідного сплаву, але одночасно такі матеріали повинні відповідати цілій низці вимог. Металевим матеріалам, що використовуються в якості накопичувачів водню, повинні бути притаманні такі властивості, як оберненість процесів поглинання та виділення водню, легке керування цими процесами шляхом зміни термічних або баричних умов, високі воднева ємність (кількість запасаємого водню) та швидкість реакції з воднем (необхідний час для перезарядки водневого акумулятора). Крім того, важливою характеристикою матеріалу, особливо для використання в якості мобільних джерел енергії, є його низька питома вага.

По-трете, вважається, що най поширенішим способом, на сьогоднішній день, є зберігання водню у газоподібному стані. Це досягається завдяки низькій вартості, швидкій заправці воднем, низькому споживанню енергії та простій конструкції ємності для зберігання [9]. Даний спосіб зберігання, можливий завдяки компресії під високим тиском, що і є більш економічно ефективним методом порівняно зі зрідженням, хоча й потребує складного обладнання та зберігання в спеціальних резервуарах для утримання газу під значним тиском, який у 14 разів легший за повітря. Використовують чотири типи

резервуарів: металеві; композитні з металевим покриттям (зазвичай сталеве); композитні з металевим вкладишем (сталь/алюміній); з композитного пластику.

Водень використовується у двох різних напрямках.

За часту водень використовується у якості енергоносія у паливних комірках. Паливний елемент — електрохімічний генератор, який забезпечує пряме перетворення хімічної енергії на електричну [10]. Відзначимо, що такі перетворення відбуваються і в звичних нам електричних акумуляторах. Однак паливні елементи мають дві важливі відмінності: вони функціонують доти, доки паливо (відновник) та окиснювач надходять із зовнішнього джерела; хімічний склад електроліту в процесі роботи не змінюється, тобто паливний елемент не треба перезаряджати. У паливному елементі водень подається високопористим анодом і надходить в електроліт через мікропори у матеріалі електрода. При цьому відбувається розкладання молекул водню на атоми, які в результаті хемосорбції, віддаючи кожен по одному електрону, перетворюються на позитивно заряджені іони. Кисень, що надходить на катод, переходить в електроліт і також реагує на поверхні електрода за участю каталізатора. При взаємодії його з йонами водню та електронами, які надходять із зовнішнього ланцюга, утворюється продукт згорання (вода).

Завдяки своїй здатності взаємодіяти з багатьма матеріалами, використовується як хімічний елемент. Водень, маючи здатність до швидкої дифузії у твердих тілах і будучи активним по відношенню до більшості матеріалів та сполук, має унікальні властивості як легувальний елемент, не тільки розчинятися в кристалічних ґратках та формувати нові фази, але і практично повністю виводитися з матеріалів при зміні термічних та баричних умов. Дані особливості водню покладено в основу багатьох технологій обробки матеріалів з метою керованого впливу на їх структуру, фізичні та механічні характеристики. Здатність водню до оберненої взаємодії з матеріалами (тобто, тимчасово насичувати їх до певних концентрацій і потім відносно легко видалятися) було використано як базис при виготовленні багатьох матеріалів методами порошкової металургії. Для прикладу, водень активно використовується: як тимчасовий легуючий елемент при створенні низькомодульних сплавів системи Ti-Zr-Nb біомедичного призначення [11]; при лікуванні хворих на COVID-19 [12].

ВИСНОВОК

Водень це універсальний хімічний елемент, оскільки він може бути адаптований під будь-які виникаючи потреби в життєдіяльності людини.

Список використаних джерел:

1. K.T. Moller, T.R. Jensen, E. Akiba, H.W. Li, Hydrogen - a sustainable energy carrier, *Prog Nat Sci*., **27**: 34-40 (2017). https://doi.org/10.1016/j.pnsc.2016.12.014

2. V.A. Dekhtyarenko, D.G. Savvakin, V.I. Bondarchuk, et al., $TiMn_2$-Based Intermetallic Alloys for Hydrogen Accumulation: Problems and Prospects, *Prog. Phys. Met.,* **22**, No. 3: 307-351 (2021). https://doi.org/10.15407/ufm.22.03.307

3. Водень в альтернативній енергетиці та новітніх технологіях / за ред. В.В. Скорохода, Ю.М. Солоніна. - К.: «КІМ», 2015. – 294 с.

4. Фундаментальні аспекти відновдювано-водневої енергетики і паливно-комірчаних технологій / за загальною редакцією Ю.М. Солоніна. - К.: «КІМ», 2018. – 260 с.

5. Alain Prinzhofer, Cheick Sidy Tahara Cissé, Aliou Boubacar Diallo, Discovery of a large accumulation of natural hydrogen in Bourakebougou (Mali), *Int. J Hydrogen energy*, **43**: 19315-19326 (2018). https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.08.193

6. S. Moon, Deok-Joo Lee, Optimal investment strategy for natural hydrogen exploration and production considering dual price uncertainties: A real options approach, *Resources Policy*, **109**: 105697 (2025). https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2025.105697

7. Ahmad Naquash,Neha Agarwal, and Moonyong Lee, A Review on Liquid Hydrogen Storage: Current Status, Challenges and Future Directions, *Sustainability*, **16**, No.18: 8270 (2024). https://doi.org/10.3390/su16188270

8. V.A. Dekhtyarenko, T.V. Pryadko, O.I. Boshko, et al., Hydrogen Embrittlement of Titanium: Phenomena and Main Ways of Prevention, *Prog. Phys. Met.*, **25**, No. 2: 276-293 (2024). https://doi.org/10.15407/ufm.25.02.276

9. J. Andersson, S. Grönkvist, Large-scale storage of hydrogen, *Int. J Hydrogen energy*, **44**: 11901-11919 (2019). https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.03.063

10. S.E. Shcheklein, A.M. Dubinin, Use of hydrogen produced by the air conversion of motor diesel fuel in an electrochemical generator, *Int. J Hydrogen energy*, **48**: 19803-19810 (2023). https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.02.065

11. O.M. Ivasishin, V.A. Dekhtyarenko, D.H. Savvakin, D.V. Oryshych, and V.I. Bondarchuk, Recent Trends in the Development of Ti–Zr-Based Alloys for Biomedical Applications and Hydrogenated Powder Technologies for Their Manufacturing, *Prog. Phys. Met.*, **26**, No. 3: (2025). https://doi.org/10.15407/ufm.26.03.

12. An.D. Zolotarenko, Al.D. Zolotarenko, A. Veziroglub, T.N. Veziroglu, N.A. Shvachko, et al., The use of ultrapure molecular hydrogen enriched with atomic hydrogen in apparatuses of artificial lung ventilation in the fight against virus COVID-19, *Int J Hydrogen Energy*, **47**: 7281 (2022). https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.03.025

УДК 624.131: 551.252

ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ КРИТЕРІЇ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНИХ ДІЛЯНОК ПІД БУДІВНИЦТВО ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК В МЕЖАХ ПОШИРЕННЯ ФЛІШЕВОВОЇ ФОРМАЦІЇ КАРПАТ

Дяків В.О.*[1]*, *к. геол. н., доцент, dyakivw@yahoo.com;*
Поп С.С.*[2]*, *д. фіз.-мат. н, професор, popstepan7@gmail.com;*
Павлюк В.І.*[3]*, *к. геол. н., notebooc@gmail.com,*
Яремович М.В.*[4]*, *mishayaremovich@gmail.com;*
1 – ЛНУ імені Івана Франка; ТзОВ «Інститут «ГІРХІМПРОМ», Львів, Україна,
2 – ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Ужгород, Україна,
3 – ЛКП «Львівводоканал», Львів, Україна,
4 – ТзОВ «Науково-виробниче технічне підприємство «Геологічні Технології», Львів, Україна

В останні роки розроблені та реалізується кілька проєктів будівництва об'єктів вітрової енергетики, в межах Українських Карпатах. Будівництво та експлуатація подібних об'єктів відновлюваної енергетики показали високу ефективність Карпатського регіону. Проте реалізація проєктів будівництва вітроенергетичних установок у межах флішевої формації Карпат пов'язана з низкою складних інженерно-геологічних умов та обмежуючих критеріїв: геологічної будови та геотектонічної позиції, літологічного складу та фізико-механічних властивостей флішевих порід та їхніх ділянок порушених звітрюванням, гідрогеологічних умов, сейсмічності території, ураженості теренів геодинамічними процесами у природному стані. Синергетичний вплив цих критеріїв на конкретних локаціях проєктування та будівництва вітроенергетичних установок, при високому ризику по усіх чи більшості критеріїв, загрожує ризикам порушення стійкості геологічного середовища, зміні гідрогеологічних умов, активізації небезпечних геодинамічних процесів. Визначення та оцінка цих критеріїв дають змогу обґрунтовано підійти до вибору ділянок, що забезпечать безпечне та ефективне будівництво вітроенергетичних установок, мінімізуючи ризики аварій та деградації довкілля.

ENGINEERING AND GEOLOGICAL CRITERIA FOR SELECTING OPTIMAL SITES FOR CONSTRUCTION OF WIND POWER PLANTS WITHIN THE LIMITS OF DISTRIBUTION OF THE FLYSH FORMATION OF THE CARPATHIAN MOUNTAINS

Dyakiv V.*[1]*, *Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., dyakivw@yahoo.com,*
Pop S.*[2]*, *Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof, popstepan7@gmail.com;*
Pavlyuk V.*[3]*, *Cand. Sci. (Geol.), notebooc@gmail.com,*
Yaremovich M.*[4]*, *mishayaremovich@gmail.com;*
1 – Ivan Franko National University of Lviv; LLD "Institute" GIRHIMPROM ", Lviv, Ukraine,
2 – PHEI «Uzhgorod National University», Uzhgorod, Ukraine,
3 – LKP «Lvivwaterchanel», Lviv, Ukraine,
4 – LLC "Geological technology", Lviv, Ukraine

In recent years, several projects for the construction of wind energy facilities have been developed and are being implemented within the Ukrainian Carpathians. The construction and operation of such renewable energy facilities have shown high efficiency in the Carpathian region. However, the implementation of wind power plant construction projects within the flysch formation of the Carpathians is associated with a number of complex engineering and geological conditions and limiting criteria: geological structure and geotectonic position, lithological composition and physical and mechanical properties of flysch rocks and their areas disturbed by weathering, hydrogeological conditions, seismicity of the territory, and the impact of terrain on geodynamic processes in a natural state. The synergistic effect of these criteria on specific locations for the design and construction of wind power plants, with high risk according to all or most criteria, threatens with risks of disruption of the stability of the geological environment, changes in hydrogeological conditions, and intensification of dangerous geodynamic processes. The definition and assessment of these criteria allow for a well-founded approach to the selection of sites that will ensure the safe and efficient construction of wind power plants, minimizing the risks of accidents and environmental degradation.

Повномасштабна війна рф проти України, ракетні та повітряні удари окупантів в останні три роки по українських енергетичних об'єктах призвели до того, що на сьогодні енергосистема України працює в умовах постійного дефіциту. Значна частина генеруючих потужностей була пошкоджена або зруйнована, а інфраструктура передавання

електроенергії зазнала численних втрат. Це ускладнює забезпечення стабільного електропостачання, особливо в осінньо-зимовий період, коли зростає споживання.

Для підтримки роботи енергосистеми держава змушена застосовувати аварійні відключення, імпортувати електроенергію з країн ЄС та пришвидшувати відновлювальні роботи. Водночас бізнес та пересічні громадяни активно встановлюють відновлювані джерела енергії, щоб зменшити залежність від централізованого енергопостачання? насамперед таких як вітрові та сонячні електростанції у регіонах віддалених від лінії фронту. Розвиток відновлюваної енергетики є одним із пріоритетних напрямів забезпечення енергетичної безпеки та зменшення залежності від форс-мажорних ситуацій військового характеру. Серед відновлюваних джерел енергії особливе місце займає вітроенергетика, яка має значний потенціал у гірських і передгірних районах Карпат.

Саме тому, в останні роки розроблені та реалізується кілька проєктів будівництва об'єктів вітрової енергетики, в межах локацій із найвищим потенціалом для її розвитку, в Українських Карпатах. Будівництво та експлуатація подібних об'єктів відновлюваної енергетики показали високу ефективність Карпатського регіону.

Проте реалізація проєктів будівництва вітроенергетичних установок у межах флішевої формації Карпатського регіону пов'язана з низкою складних інженерно-геологічних умов та обмежуючих критеріїв. Визначення та оцінка цих критеріїв дають змогу обґрунтовано підійти до вибору ділянок, що забезпечать безпечне та ефективне будівництво вітроенергетичних установок, мінімізуючи ризики аварій та деградації довкілля.

Безумовно, будівництво будь-яких об'єктів потребує детального вивчення впливу на геологічне середовище, із врахуванням особливостей інженерно-геологічних умов, геотектонічної позиції. Власне оцінити ці параметри, стійкості геологічного середовища є метою даної роботи.

Флішеві відклади Карпат характеризуються складною будовою, чергуванням пісковиків, алевролітів, аргілітів, що відрізняються за фізико-механічними властивостями, схильністю до вивітрювання та формування зсувних процесів. Тому вибір оптимальних ділянок для розташування вітроустановок вимагає врахування комплексу інженерно-геологічних критеріїв, серед яких:

- геологічна будова та геотектонічної позиції (особливості залягання флішевих відкладів, характер складчастості, наявність тектонічних розломів, зон підвищеної тріщинуватості);
- літологічний склад та фізико-механічні властивості флішевих порід та їхніх ділянок порушених звітрюванням (ритмічність, потужність прошарків, міцність, стійкість до звітрювання, деформаційні характеристики, несуча здатність);
- гідрогеологічні умови (рівень підземних вод, водопроникність, дебіти джерел, хімічний склад та агресивність).
- сейсмічність території;
- ураженість території геодинамічними процесами у природному стані – осувами, опливинами, обвалами, ерозією.

Кожен з цих критеріїв має бути оцінений у категоріях низького ризику (сприятливості) – високого ризику). Синергетичний вплив цих критеріїв на конкретних локаціях проєктування та будівництва вітроенергетичних установок, при високому ризику по усіх чи більшості критеріїв, загрожує ризикам порушення стійкості геологічного середовища, зміні гідрогеологічних умов, активізації небезпечних геодинамічних процесів.

Такий підхід дозволяє обґрунтовано зробити висновки щодо сприятливості інженерно-геологічних умов та придатності території для реалізації проєктів вітрової енергетики, а також виробити рекомендації для мінімізації можливих негативних екологічних та техногенних наслідків за визначеними інженерно-геологічними критеріями, які оцінені як високоризиковані.

Критерій геологічної будови та геотектонічна позиції. Згідно із картою геотектонічного районування Карпато-Паннонського регіону (за Majcin et al. 2018) [1] флішева формація поширена в межах Поясу Зовнішніх (Флішевих) Карпат та в межах Українського сегменту є домінуючою в основі геологічної будови територій південно-західніше від Передкарпатського прогину (рис. 1).

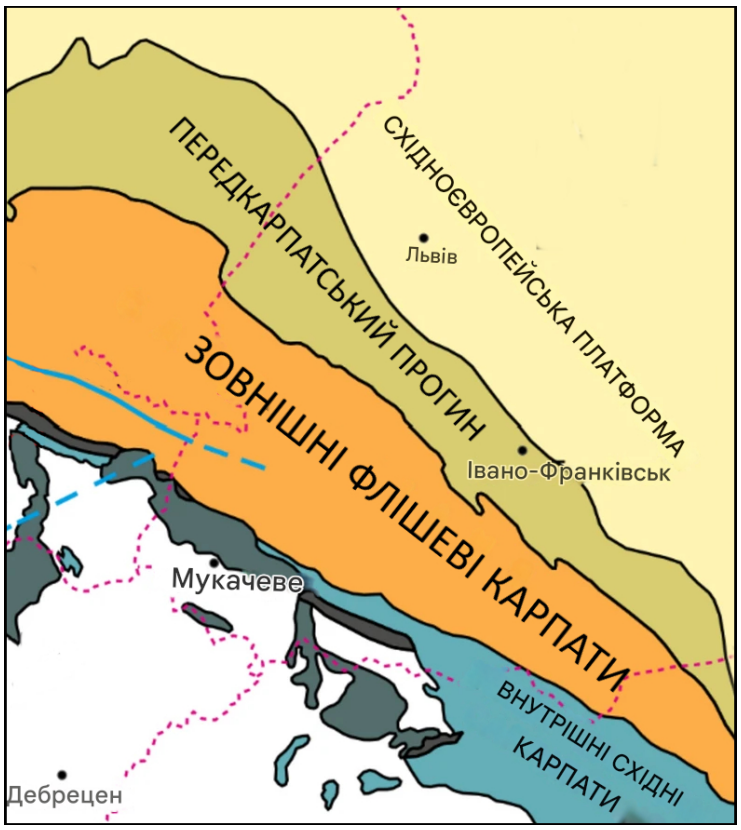


Рис. 1. Геотектонічна позиція Зовнішніх Флішевих Карпат та поширення флішевої формації згідно із картою районування Карпато-Паннонського регіону (за Majcin et al. 2018) [1] яка в межах Українського сегменту є домінуючою в основі геологічної будови територій південно-західніше від Передкарпатського прогину [1]

Дугоподібна, насувна тектонічна зона, у складі мегаструктурного підняття Карпат на їх зовнішній периферії являє собою акреційний клин, який відірвався від свого корінного субстрату та перемістилися внаслідок геотектонічних процесів. Геологічно фліш складається з ритмічним чергування головним чином пісковиків, алевролітів та аргілітів (найбільш поширений двохкомпонентний фліш), що в окремих випадках доповнений прошарками гравілітів та карбонатних відкладень крейдового та палеогенового віку.

Активна роль геотектонічних рухів у формуванні сучасної геологічної будови Карпат на площі поширення флішевих відкладів, зумовила досить широке поширення тектонічних порушень. Особливо небезпечними є розломи (тектонічні порушення) четвертинного віку. Найкраще вони проявляються у свіжовикопаних котлованах де на межі корінних та четвертинних відкладів, їх можна виявити.

Внаслідок активних тектонічних рухів залягання флішевих відкладів може бути найрізноманітнішим: від домінантного моноклінального до субвертикального та навіть горизонтального, ускладненого складчатістю та тектонічними порушеннями. Усі це особливості можна спостерігати у відслоненнях, при аналізі керну пробурених свердловин та у котлованах, для облаштування плитних фундаментів.

Значні кути падіння при моноклінальному заляганні, за умови їх залягання паралельно до ухилу схилу, звітрювання та обводнення аргілітових прошарків може суттєво підвищувати ризики структурних осувів (зсувів) – рис. 2.



Рис. 2. Принципова схема активізації структурного зсуву (осуву) при моноклінальному заляганні флішевих відкладів, за умови їх залягання паралельно до ухилу схилу, звітрювання та обводнення аргілітових прошарків

В той же час коли спостерігається зворотня картина – субперпендикулярного чи поперечного нашарування моноклінально-залягаючих флішевих відкладів до ухилу схилу, то можна говорити про найбільш сприятливі умови, що унеможливлюють активізацію структурних осувів (зсувів). Саме така ситуація нами описана на Полонині Руна (рис. 3).

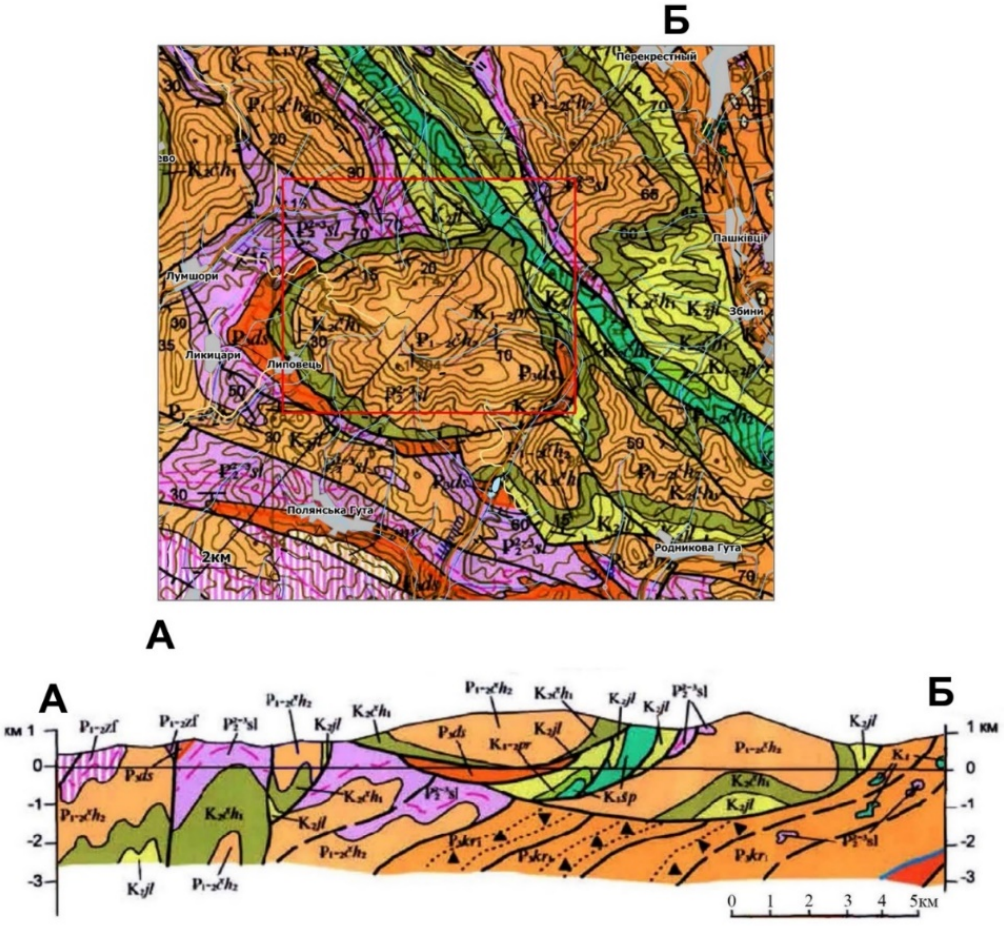


Рис. 3. Геологічна карта та розріз Полонини Руна та прилеглих територій (Автори Б. В Мацьків. Ю В Ковальов. Б.Д Пукач Редактор В. В. Кузовенко, 2001р.) де в межах одноіменного тектонічного останця спостерігається субперпендикулярне чи поперечне нашарування моноклінально-залягаючих флішевих відкладів до ухилу схилу, що вказує на найбільш сприятливі умови, що унеможливлюють активізацію структурних осувів (зсувів)

Аналіз геологічної будови та геотектонічної позиції таких територій, дає підстави стверджувати, що стійкість геологічного середовища додатково посилюється бронюючими верствами груборитмічного темно-сірого флішу у розрізі якого домінують стійкі до ерозійного розмиву грубошаруваті пісковики Нижньої підсвіти Чорноголовської світи пізньокрейдового віку потужністю 400-500 м, які на 80% оконтурюють по периферії тектонічного останця Полонини Руна, формуючи крила квазісинклінальної складки (рис. 4).



Рис. 4. Відслонення грубошаруватих пісковиків Нижньої підсвіти Чорноголовської світи пізньокрейдового віку, які на 80% оконтурюють по периферії тектонічного останця Полонини Руна

Критерій літологічного складу та фізико-механічних властивостей флішевих порід та їхніх ділянок порушених звітрюванням. Мала потужність четвертинних відкладів в усіх досліджуваних випадках є меншою ніж глибини закладення котлованів під фундаменти вітроенергетичних установок, а тому статичні та динамічні навантаження сприймають корінні скельного масиву флішевих відкладів. Саме тому, такі відклади потребують детального вивчення, щодо закономірностей ритмічності та потужності прошарків. За цим параметром не виявлено несприятливих показників в межах незвітрілих масивів. Усі незвітрілі флішеві відклади характеризуються достатньою міцністю та високими фізико-механічними показниками, значно вищими від нормативних значень. Так, середні значення скельних порід границі міцності на одноосьовий стиск при природній вологості, Rc – 26,4 МПа є в 10 разів більшими від нормативних показників.

Це визначає сприятливість інженерно-геологічних умов при виборі незвітрілих флішевих відкладів як геологічної основи для фундаментів вітроенергетичних установок та дозволяє запроєктувати фундаменти вітроенергетичних установок у вигляді суцільної масивної плити у формі випуклої лінзи із максимальною висотою 3,5 м та мінімальною висотою 1 м, з діаметром фундаментної плити – 23 м, загальним її об'ємом 800 м^3, площею 0,04155 га, максимальний об'єм виїмки ґрунту 2000 м^3, мінімальною (3,5 м), середньою
(4-5) та максимальною (8 м) глибиною котловану м, із зростанням глибини на крутосхилах до 8 м з одного боку та зменшенням до 2-3 м, діаметром котловану по верху 28 м, діаметром котловану по дну 25 м, – для кожної ВЕУ. За визначених інженерно-геологічних умов, жодних паль: набивних чи буронабивних непередбачено.

В той же час несуча здатність флішевих відкладів може суттєво знижуватись на ділянках потужного локального звітрювання. Слід зазначити, що такі ділянки у досліджуваних локаціях нами не зустрічались. Зокрема потенційно, на таких ділянках можлива активізація осувів та опливин.

Критерій гідрогеологічних умов. Надзвичайно важливим критерієм сприятливості чи складності інженерно-геологічних умов є рівень підземних вод, водопроникність, дебіти джерел, хімічний склад та агресивність вод підземної гідросфери.

У гідрогеологічному розрізі виділяється дві водоносні верстви – спорадичний водоносний горизонт у зоні аерації окремих ділянок із водотривкими четвертинними відкладами та закольматованими тріщинами верхньої частини розрізу флішевих відкладів, де у періоди опадів та танення снігу, можуть спостерігатись підземні води як типова верховодка та тріщинного водоносного комплексу у корінних палеогенових та крейдових флішевих відкладах [2]. В обстежених ділянках рівень першого від поверхні водоносного горизонту фіксувався на глибинах від 5 до 18 м, а у ряді свердловин, підземні води до глибини 30 м взагалі не виявлені. Відповідно низький рівень підземних вод (значна глибина від поверхні до рівня ґрунтових вод) є визначальним чинником сприятливості даного критерію. Причиною цього є те, що враховуючи природню розчленованість рельєфу, як четвертинні так і корінні флішові відклади дренуються глибокими ерозійними врізами, які є ефективними природними дренами.

Спорадичний водоносний горизонт (верховодка), розповсюджений на локальних ділянках, де підземні, тріщинно-ґрунтові води, поширені у періоди значних опадів та танення снігу, що пов'язані з тонкими прошарками пісковиків, а також із ізольованими тріщинами у масивних пісковиках. Глибина залягання підземних вод – 0–5 м, потужність горизонту – від 0,5 до 4 м. Дебіти джерел становлять 0,01–0,4, рідко, насамперед після інтенсивних опадів та періоди танення снігу до 6 л/сек. Характерною ознакою джерел цих вод є їхнє пересихання у періоди, коли тривалий час відсутні опади і для возабезпечення ці води значення не мають, бо тонкоритмічний фліш часто зовсім безводний, а ізольовані тріщинні зони грубошаруватих пісковиків не мають значних статичних запасів.

Підземні води у верхній частині розрізу флішевих відкладів широко розвинені в межах поширеного водоносного горизонту тріщинно-ґрунтових вод, пов'язаний із зоною тріщиноутворення, представлений водами зон тектонічної та екзогенної тріщинуватості. Потужність горизонту тріщинно-ґрунтових вод – 0,5–7 м, вод із тектонічних тріщин – 15–150 м і більше. Глибина залягання горизонту тріщинно-ґрунтових вод 0–20 м, вод із тектонічних тріщин – до 80 м. Дебіти джерел – 0,1–5,0 л/сек, які можуть бути джерелом водозабезпечення питної води високої якості, переважно не агресивні.

Критерій сейсмічності території. Нормативна сейсмічність території поширення флішевої формації в Українських Карпатах, згідно із картою ОСР-2004-В становить 7 балів шкали МСК-64 [3], рис. 5.

Згідно Державних будівельних норм «Будівництво в сейсмічних районах» [3], зокрема Таблиці 5.1 – Нормативна сейсмічність майданчика будівництва в залежності від категорії ґрунтів за сейсмічними властивостями, для невивітрілих та слабовивітрілих скельних ґрунтів усіх видів нормативна сейсмічність на бал нижча від значень карти ОСР-2004-В нормативної сейсмічності за шкалою МСК-64.

Саме тому використання скельних ґрунтів флішевої формації в якості геологічної основи, знижує нормативну сейсмічність із 7 до 6 балів шкалою МСК-64 [3].

Критерій ураженості території геодинамічними процесами у природному стані. Окрім бурових та гірничих робіт із вивчення геологічної будови, дуже важливим є детальне вивчення ураженості території геодинамічними процесами у природному стані – осувами, опливинами, обвалами, ерозією. Відсутність таких проявів є сприятливим чинником для будівництва вітроенергетичних установок у визначених локаціях. Тоді як їх виявлення, має бути розглянуте із позицій реалізації проєктів, із обґрунтуванням заходів щодо мінімізації ризиків активізації небезпечних геологічних процесів.

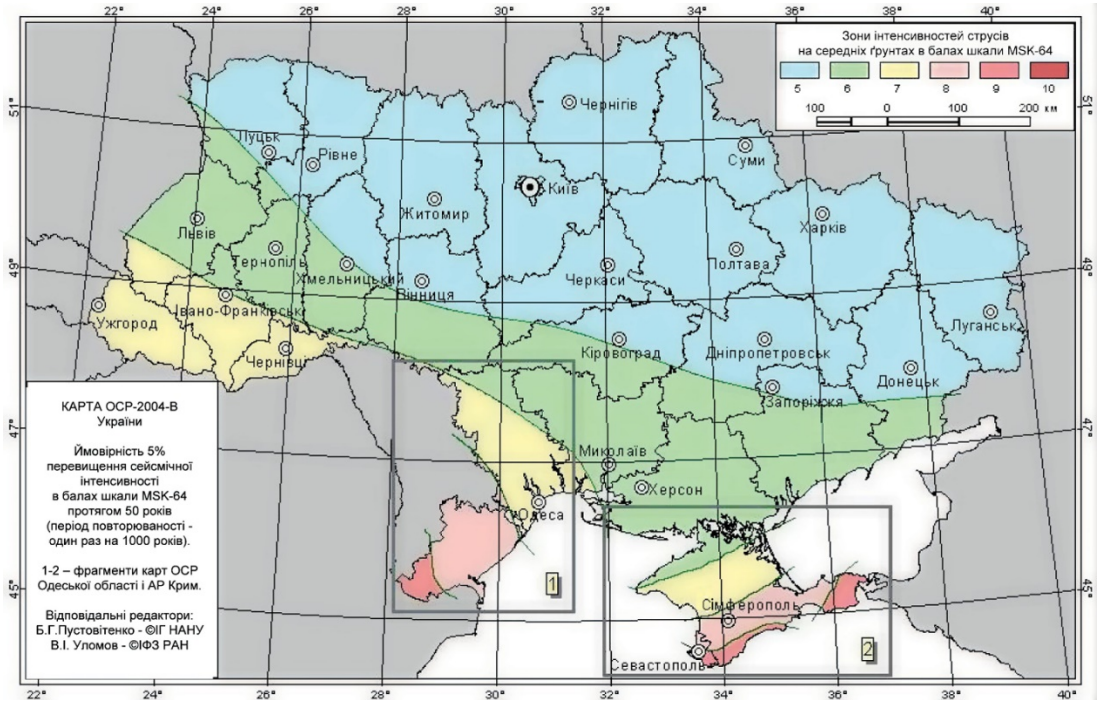


Рис. 5. Карта ОСР-2004-В нормативної сейсмічності території України за шкалою МСК-64 згідно Державних будівельних норм «Будівництво в сейсмічних районах» [3]

Для попередження активізації небезпечних геологічних процесів, на потенційно загрозливих ділянках, необхідно першочергово вести моніторинг із геодезичними вимірюваннями амплітуди зміщень, буріння спостережних свердловин із облаштованими інклінометрами та п'єзометрами.

При можливості слід уникати проєктування і будівництва вітроенергетичних установок на таких ділянках із перенесенням на більш сприятливі або передбачити:

- водозахисні заходи - влаштування поверхневих дренажів та поверхневого водовідводу (канави, лотки, дренажні труби), підземних дренажів (горизонтальних, вертикальних), перехоплення ґрунтових вод;
- стабілізаційні заходи зі зменшення крутизни схилів (підрізка, перепланування, терасування);
- протиосувні споруди – підпірні стінки, шпунтові огорожі, анкерні конструкції; підземні протизсувні галереї.

Висновки. За результатами проведених досліджень, можна зробити наступні висновки:

1. Виділено 5 найважливіших інженерно-геологічних критеріїв для вибору оптимальних ділянок під будівництво вітроенергетичних установок в межах поширення флішевової формації Карпат, кожен з яких має бути оцінений у категоріях низького ризику (сприятливості) – високого ризику).
2. Визначальним є критерій геологічної будови та геотектонічної позиції, а саме особливості залягання флішевих відкладів, характер складчастості, наявність тектонічних розломів, зон підвищеної тріщинуватості. Значні кути падіння при моноклінальному заляганні, за умови їх залягання паралельно до ухилу схилу, звітрювання та обводнення аргілітових прошарків може суттєво підвищувати ризики структурних осувів (зсувів).
3. Надзвичайно важливим є критерій літологічного складу та фізико-механічних властивостей флішевих порід та їхніх ділянок порушених звітрюванням, зокрема ритмічність, потужність прошарків, міцність, стійкість до звітрювання, деформаційні характеристики, несуча здатність. За умови коли геологічною основою фундаментів ВЕУ обираються незвітрілі чи слабо звітрілі флішеві відклади, за цей вибір за показниками міцності на одноосьовий стиск при природній вологості, є в 10 разів більшими від

нормативних показників, а даний інженерно-геологічний елемент витримає усі статичні та динамічні навантаження із значним запасом стійкості.

4. В жодному разі не можна нехтувати критерієм гідрогеологічних умов – визначеними рівнями підземних вод, водопроникністю, дебітами джерел, хімічним складом та агресивністю вод до конструктивних елементів фундаментів ВЕУ, незважаючи на те, що на практиці не виявлено суттєвих проблем.

5. Критерій сейсмічності території поширення флішевої формації, за умови її вибору в якості геологічної основи як типового скельного ґрунту у невивітрілому та слабовивітрілому стані, згідно Державних будівельних норм «Будівництво в сейсмічних районах» знижує нормативну сейсмічність із 7 до 6 балів шкалою МСК-64.

6. Критерій ураженості території геодинамічними процесами у природному стані – осувами, опливинами, обвалами, ерозією. Відсутність таких проявів є сприятливим чинником для будівництва вітроенергетичних установок у визначених локаціях. Тоді як їх виявлення, має бути розглянуте із позицій реалізації проєктів, із обґрунтуванням заходів щодо мінімізації ризиків активізації небезпечних геологічних процесів.

7. Синергетичний вплив цих критеріїв на конкретних локаціях проєктування та будівництва вітроенергетичних установок, при високому ризику по усіх чи більшості критеріїв, загрожує ризикам порушення стійкості геологічного середовища, зміні гідрогеологічних умов, активізації небезпечних геодинамічних процесів.

Список використаних джерел:

1. Majcin D. Klippen Belt, Flysch Belt and Inner Western Carpathian Paleogene Basin Relations in the Northern Slovakia by Magnetotelluric Imaging / D. Majcin, V. Bezák, R. Klanica, J. Vozar, J. Pek, D. Bilcik, J. Telecký // Pure and Applied Geophysics. October 2018. vol. 175(6). P. 3555–3568. DOI: 10.1007/s00024-018-1891-0. Доступ в мережі Інтернет: https://www.researchgate.net/publication/325179611_Klippen_Belt_Flysch_Belt_and_Inner_Western_Carpathian_Paleogene_Basin_Relations_in_the_Northern_Slovakia_by_Magnetotelluric_Imaging

2. Гавриленко К. С. Підземні води західних областей України / К. С. Гавриленко, О. Д. Штогрин, В. М. Щепак. - К. : Наукова думка, 1968. – 316 с.

3. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво у сейсмічних районах України / Видання офіційне. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України // К., 2014. – 109 с. Доступ в мережі Інтернет: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3038077155897509804?doc_type=2

4. Дмитренко Л.В. Вітроенергетичні ресурси в Україні /Л.В. Дмитренко, С.Л. Барандіч // Наук. праці УкрНДГМІ, 2007, Вип. 256. С.166-173.

5. Дубей Н.В. Гідрогеологія та інженерна геологія:підручник /Н. В. Дубей. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ Факел, 2008. – 244 с.

6. Колодій В.В. Гідрогеологія. – Львів: ВЦ Львів. Нац. унів-ту, 2010. – 368 с.

7. Рудько Г. І. Техногенно-екологічна безпека геологічного середовища (наукові та методологічні основи). – Львів: Видав. центр ЛН У імені Івана Франка, 2001. – 359 с.

8. Цись П. Н. Геоморфологія УРСР / П. Н. Цись. – Львів : Видавництво Львівського Університету, 1962. – 224 с.

9. Nemcok M. Tertiary subduction and slab break off model of the Carpathian–Pannonian region / M. Nemcok, L. Pospisil, J. Lexa // Tectonophysics. – 1998. – Vol. 295, № 3–4. – P. 307–340.

УДК 538.915+537.312

ПЕРСПЕКТИВИ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Михайлова Г.Ю., *к. ф.-м.н., с.д., mihajlova.halina@gmail.com;*
Дехтяренко В.А., *д.т.н., с.д.,*
Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України, м. Київ, Україна

Основа традиційного виробництва енергії – невідновлювані джерела енергії (вуглеводні, ядерне паливо), запаси яких обмежені або потребують додаткових заходів для зберігання та їх, що залишає значний екологічний слід. Значний вплив виробництва та використання традиційних видів палива на екологію обумовив стрімкий розвиток та впровадження альтернативних джерел енергії, адже це є причиною глобального потепління, виникненню смога, тощо. Нерівномірний розподіл викопних видів палива створює політичні та економічні залежності, які супроводжуються шантажем та енергетичними кризами. Розвиток та поширення альтернативних джерел енергії обумовлено не лише екологією, а й економікою, геополітикою, тощо. Аналіз можливості розвитку та впровадження альтернативних видів енергії, та пошуку та створенню матеріалів, які сприятимуть їх використанню з високим коефіцієнтом корисної дії є розглянуто в даній роботі.

PROSPECTS OF SOLAR ENERGY

Mykhailova H. Yu.*, PhD (Phys. & Math.), s.res., mihajlova.halina@gmail.com,*
Dekhtyarenko V.A., *Doc. Sci. (Tech.), s.res.,*
G. V. Kurdyumov Institute for Metal Physics of the N.A.S. of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The basis of traditional energy production is non-renewable energy sources (hydrocarbons, nuclear fuel), the reserves of which are limited or require additional measures for their storage and disposal, which leaves a significant environmental footprint. The significant impact of the production and use of traditional fuels on the environment has led to the rapid development and introduction of alternative energy sources, as this is the cause of global warming, smog, etc. The uneven distribution of fossil fuels creates political and economic dependencies, which are accompanied by blackmail and energy crises. The development and spread of alternative energy sources is determined not only by ecology, but also by economics, geopolitics, etc. An analysis of the possibility of developing and introducing alternative energy sources, and the search and creation of materials that will contribute to their use with a high efficiency is considered in this work.

Вступ. Енергетичні потреби людства постійно зростають. За прогнозами до 2050 р. потреби в енергії зростуть на 50 % [1].

Така тенденція пов’язана не лише з демографічним приростом населення, а й розвитком технологій. Енергетична галузь є визначальною для економіки та відіграє ключову роль у формуванні рівня життя в країні.

Але виробництво електроенергії, прямо чи опосередковано, має сильний вплив на екологію (кліматичні зміни, забруднення навколишнього середовища різного характеру (хімічне, теплове) тощо).

Основою традиційного виробництва енергії – є невідновлювані джерела енергії (вуглеводні, ядерне паливо), запаси яких обмежені або потребують додаткових заходів для зберігання та утилізації відпрацьованого матеріалу, що залишає значний екологічний слід.

Основними причинами переходу до альтернативних джерел енергії є не вичерпування запасів корисних копалин (за оцінками кінцевий ресурс викопних видів палива до 130-150 років), а значний вплив на екологічний стан:

- Це головне джерело викидів парникових газів та CO_2 (75 % викидів пов’язано зі спалюванням вугілля, газу, нафти [2]), прямим наслідком чого є глобальне потепління, що сприяє таненню льодовиків та підняттю рівня океану та екстримальним погодним явищам;
- Викиди оксидів сірки (SO_2), азоту (NO_x), твердих частинок (PM2.5, PM10) з ТЕС і транспорту викликають смоги та респіраторні хвороби, що прямо впливає на життя та здоров’я людей;
- Нерівномірний розподіл викопних видів палива створює політичні та економічні залежності, які супроводжуються шантажем та енергетичними кризами
- За останні 10 років сонячна та вітрова енергія значно подешевшала, що сприяє більшому розповсюдженню та будівництву таких електростанцій. Цьому посприяв розвиток матеріально-технічної бази.

Отже, розвиток та поширення альтернативних джерел енергії обумовлено не лише екологією, а й економікою, геополітикою, тощо. Тому, аналіз можливості розвитку та впровадження альтернативних видів енергії, та пошуку та створенню матеріалів, які сприятимуть їх використанню з високим коефіцієнтом корисної дії (ККД) є актуальною задачею.

Мета та об'єкти дослідження. Але й серед альтернативних джерел енергії є свої недоліки. Виробництво електроенергії прямим перетворенням теплової та променистої за допомогою сонячних елементів (фотоелектричних перетворювачів) через їх низьку питому потужність (до 20 % для комерційних зразків) вимагає використання великих площ під сонячні ферми. До того ж, такий тип перетворення енергії є умовно екологічним: виробництво сонячних панелей та їх утилізація супроводжується забрудненням довкілля. Також, потужність вироблення енергії сильно залежить від добових коливань освітленності, тому необхідно разом з виробництвом енергії розвивати можливості її накопичення та транспортування.

Більш потужними (ККД до 50 %) є прямі термоемісійні перетворювачі (ТЕП) теплової енергії на електричну, які до того ж можуть виготовлятись з нетоксичних матеріалів.

Огляду можливості використання такого типу перетворення енергії присвячено дану роботу.

Результати та обговорення. Україна має величезний потенціал для сонячної енергетики. Станом на 2024 рік ≈75 % виробництва зеленої енергії припадало на сонячну. Інсоляція на території України варіюється від 1100 до 1500 кВт·год/м², що вказує на можливість розміщення сонячних електростанцій майже на всій території країни [3]. Лідерами з розміщення сонячних електростанцій є Івано-Франківська, Дніпропетровська, Вінницька, Хмельницька, Київська та Миколаївська області.

На жаль, через активні військові дії, значна частка енергетичної галузі країни зазнала сильних руйнувань або поштоджень (13 % промислових сонячних електростанцій). Їх відновлення є пріоритетною задачею.

Не дивлячись на високу теоретичну потужність, перетворення енергії за допомогою ТЕПів зовсім не поширений через низку причин. Зокрема: традиційні ТЕПи на основі тугоплавких металів працюють за високих температур (біля 2000 °С), що унеможливлює їх використання в домашніх господарствах. Тому, пошук та розробка нових матеріалів та фізичних принципів, які дозволять знизити робочі температури ТЕПів є актуальною задачею. Основною вимогою для зменшення робочих температур ТЕПів є зменшення роботи виходу їх електродів, що, як показали дослідження, можливо лише за рахунок ускладнення структури та принципів функціонування ТЕПу. Формування вуглецевмісних композитів на основі металів відкриває перспективу поєднання переваг матеріалів, що їх складають, а також уможливлює прояв в створених композитах нових електрофізичних властивостей, які не властиві вихідним компонентам. Показано, що поєднання порошку гідрованого титану з вуглецевою компонентою за допомогою механосинтезу сприяє утворенню такого роду композитів.

Створення метал–нановуглецевих композитів цікаво тим, що в них поєднуються складові, які мають абсолютно різні механічні, електронні та теплові властивості, що, в свою чергу, сприяє появі у композитів властивостей та характеристик, які не притаманні вихідним компонентам: у композиті спостерігається зростання електропровідності порівняно з вихідними компонентами у 1,65 та 6,3 разів [4] відповідно, що пов'язано з перетіканням електронів з частинок металу до вуглецевої складової крізь відповідні інтерфейси та такі матеріали є перспективними створенні «холодних» катодів термофотоемісійних перетворювачів теплової та променистої енергії на електричну.

Список використаних джерел:

1. International Energy Agency. *World Energy Outlook 2023*. Paris: IEA, 2023. URL: https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023

2. IPCC. *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Geneva: IPCC, 2023. URL: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf (дата звернення: 27.09.2025).

3. Вікіпедія. *Сонячна енергетика України* [Електронний ресурс]. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Сонячна_енергетика_України

4. Galstian I. Ye., Len E. G., Tsapko E. A., Mykhailova H. Yu., Koda V. Yu., Rud M. O., Shevchenko M. Ya., Patoka V. I., Yakymchuk M. M., Frolov G. O. Low-Temperature Thermionic Converters Based on Metal–Nanostructured Carbon Composites. *Metallofiz. Noveishie Tekhnol.* 2020;42(4):451–470. DOI: 10.15407/mfint.42.04.0451

UDC 504.06:553.94(477))

RECLAMATION OF POST-INDUSTRIAL MINING AND CHEMICAL SITES FOR THE GREEN TRANSITION: THE CASE OF ROZDIL MINING AND CHEMICAL ENTERPRISE "SIRKA"

Dzhumelia V.A., *vdzhumelia@gmail.com;*
Dzhumelia E.A., *PhD, elviradzhumelia@gmail.com,*
Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

As a result of the activities of SE "Rozdil mining and chemical enterprise "Sirka"" (1956–1996), significant volumes of toxic and potentially hazardous waste were generated on the territory: lump sulfur (700 m³), flotation tailings (85 million tons), recycled water sediments (1.29 million m³), phosphogypsum (3 million tons), tars (17 thousand tons) and solid household waste (560 thousand m³). After the cessation of production, the territory became a complex artificial landscape with high environmental risks. Studies demonstrate exceeding the maximum permissible concentrations of sulfates, chlorides and ammonium nitrogen in water bodies, as well as soil degradation due to acid drainage. The lack of systematic remediation creates a threat of secondary pollution. Integrated approaches to restoration are proposed: phytoremediation, hydrological control, creation of buffer zones and use of the territory for solar and wind energy. The implementation of such measures will contribute to the green transition, increased environmental safety and effective use of degraded post-industrial lands in Ukraine.

Introduction. The long-term operation of mining and chemical enterprises forms complex artificial landscapes with a high level of environmental hazard. In the case of the Rozdil enterprise "Sirka", the volume of accumulated waste exceeds the natural self-purification capabilities of the territory. In the context of European integration and the transition to a circular economy, there is a need to transform such territories into functional spaces with low environmental load, including green zones, recreational landscapes and renewable energy facilities.

The purpose of the study is to assess the ecological state of the territory of the former mining and chemical enterprise and develop scientifically based approaches to its reclamation within the framework of the green transition concept.

Research Methods. Comprehensive environmental monitoring of water and soil objects was carried out, including the determination of sulfates, chlorides, ammonium nitrogen, acidity indicators and other pollutants. At the same time, an analysis of the man-made landscape, an inventory of waste accumulation facilities and an assessment of potential sources of secondary pollution were performed.

Results and Discussion. As a result of the analysis [1-4], the following were found:

−Exceeding the maximum permissible concentrations of sulfates, chlorides, and ammonium nitrogen in water;

−Signs of soil degradation due to acid drainage;

−Persistent sources of anthropogenic pollution that require constant monitoring.

The proposed reclamation strategy includes phytoremediation to stabilize soils and isolate toxic elements, hydrological control to minimize acid drainage, integration of alternative energy (solar and wind power plants), and creation of recreational and buffer zones to enhance biodiversity [5-8].

Phytoremediation for Soil Stabilization and Toxic Element Isolation. The first priority is the use of phytoremediation to stabilize degraded soils and isolate residual toxic compounds. Fast-growing plants with high uptake capacity, such as willows, poplars, and miscanthus, can be planted on tailings, waste heaps, and acidified soils. These species absorb heavy metals, sulfur compounds, and excess nitrogen, gradually reducing the environmental load. Root systems also contribute to soil structure stabilization, preventing erosion and the spread of contaminants. Over time, the formation of vegetated cover will support the development of new ecological niches and enhance microclimatic conditions.

Hydrological Control for Minimization of Acid Drainage and Secondary Pollution. Considering the presence of residual ponds, flooded pits, and uncontrolled runoff, systematic hydrological management is essential. It is recommended to implement drainage networks with natural filtration elements, including constructed wetlands and sludge retention platforms. These solutions reduce the mobility of toxic ions and prevent the leaching of pollutants into surface and

groundwater. Man-made water bodies can be transformed into bioengineered reservoirs, where hydrophytes contribute to natural purification, while selective sediment isolation mitigates the risk of secondary contamination.

Integration of Renewable Energy Facilities. Degraded areas that are unsuitable for agriculture or construction can be repurposed for renewable energy projects. Ground-mounted solar power plants can be installed on flat or gently sloped terrains, while flooded pits or man-made lakes can host floating photovoltaic systems, reducing evaporation and improving water quality. Wind energy potential should also be assessed, and open areas can accommodate wind turbines following local zoning and microclimatic analysis. The integration of renewable energy transforms marginal lands into productive, low-impact energy landscapes.

Creation of Recreational and Buffer Zones for Biodiversity Enhancement. Finally, the establishment of recreational green spaces and buffer zones around contaminated sites supports ecological restoration and social utility. Planting mixed forests, meadows, and wetland vegetation increases biodiversity, provides wildlife habitats, and improves air quality. Buffer zones act as protective barriers, preventing the migration of residual pollutants to adjacent areas, while recreational features – trails, observation decks, and educational sites – promote public engagement and awareness of environmental recovery efforts.

Conclusions. The territory of the former mining and chemical enterprise "Sirka" requires systematic reclamation due to significant and persistent anthropogenic pollution.

Integration of phytoreclamation, hydrological control and renewable energy ensures effective transformation of the post-industrial landscape.

The developed model can be applied to other degraded territories of Ukraine, contributing to the implementation of the concept of green transition and European integration standards in the field of environmental protection.

References:

1. Kieu LD, Quoc PN. Spatial and Temporal Analysis of Surface Water Pollution Indices Using Statistical Methods. *Civ Eng J.* 2024. 10:1828–1841.
2. Bernatska, N. , Dzhumelia, E. , Dyakiv, V. , Mitryasova, O. , Salamon, I. Web-Based Information and Analytical Monitoring System Tools – Online Visualization and Analysis of Surface Water Quality of Mining and Chemical Enterprises. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 2023, 24(3), pp. 99–108
3. Pohrebennyk V., Koszelnik P., Mitryasova O., Dzhumelia E. Zdeb M. Environmental monitoring of soils of post-industrial mining areas. *Journal of Ecological Engineering*. 2019. vol. 20. P. 53-61.
4. Durkowski T, Jarnuszewski G. Changes in Quality of Surface and Ground Waters during Implementation of Nitrates Directive in Selected Agricultural River Basin of Western Pomerania. Inż. *Ekolog.* 2015. 43:122–130.
5. Погребенник В.Д., Джумеля Е.А. Екологічний аспект створення стабільної території Роздільського державного гірничо-хімічного підприємства "Сірка". *Агроекологічні, соціальні та економічні аспекти створення й ефективного функціонування екологічно стабільних територій: колективна монографія*. 2016. С. 56-66.
6. Giri S. Water quality prospective in Twenty First Century: Status of water quality in major river basins, contemporary strategies and impediments: A review. *Environmental Pollution*. 2021. 271:116332.
7. Lee S., Ji W., Yang H. Reclamation of mine-degraded agricultural soils from metal mining: lessons from 4 years of monitoring activity in Korea. *Environ Earth Sci.* 2017. vol. 76. no. 720. pp. 1-7.
8. PricewaterhouseCoopers Private Limited. Repurposing Options for Coal Mines in India. 2024. Available at: https://energyforum.in/fileadmin/india/media_elements/publications/Repurposing_Options_for_Coal_Mines_in_India/Repurposing_Coal_Mines.pdf

УДК 620.9:621.311.243

ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННИХ ВИКЛИКІВ: АНАЛІТИКА, ПОЛІТИКА ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗЕЛЕНОГО ПЕРЕХОДУ

***Кудря С.О.*[1]**, *Член-кор. НАН України, д. тех. н., renewable@ukr.net,*
***Зур'ян О.В.*[2]**, *д. тех. н., alexey_zuryan@ukr.net,*
Інститут відновлюваної енергетики НАН України, Київ, Україна,

У доповіді розглядається роль відновлюваної енергетики у відновленні та модернізації енергетичної системи України в умовах війни та післявоєнного відновлення. Наведено світові тенденції розвитку ВДЕ, стан галузі в Україні до початку війни та масштаби втрат від агресії. Проаналізовано кроки уряду України у сфері «зеленого» відновлення: План відновлення України до 2032 року, Енергетична стратегія до 2050 року та Національний план дій з ВДЕ до 2030 року. Представлено науково-технічні розробки Інституту відновлюваної енергетики НАН України. Показано, що ВДЕ здатні стати основою децентралізованої, стійкої та кліматично нейтральної енергетичної архітектури України, а також важливим чинником інтеграції у європейський енергетичний простір.

UKRAINE'S RENEWABLE ENERGY: POLICY, RESILIENCE, AND GREEN TRANSITION

Kudrya S., *Corresponding Member of the NAS of Ukraine, Dr. Sci. (Eng.), renewable@ukr.net,*
Zurian O., *Dr. Sci. (Eng.), alexey_zuryan@ukr.net,*
Institute of Renewable Energy of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The report examines the role of renewable energy in the recovery and modernization of Ukraine's energy system during the war and in the post-war reconstruction period. Global trends in the development of renewable energy sources (RES) are presented, along with the state of the sector in Ukraine before the war and the scale of losses caused by the aggression. The steps taken by the Ukrainian government in the field of "green" recovery are analyzed: the Ukraine Recovery Plan until 2032, the Energy Strategy until 2050, and the National Action Plan for RES until 2030. Scientific and technical developments of the Institute of Renewable Energy of the NAS of Ukraine It is shown that RES can become the foundation of a decentralized, resilient, and climate-neutral energy architecture in Ukraine, as well as an important factor in the integration into the European energy space.

Вступ. За даними Bloomberg NEF, у 2024 році інвестиції в відновлювані джерела енергії у світі досягли $623 млрд, з яких $411 млрд пішло у сонячну енергетику і $188 млрд - у вітряну. Також значно зросли вкладення у технології накопичення енергії (≈ $62 млрд) та «зелений» водень [1]. Для України цей контекст має критичне значення. До повномасштабного вторгнення росії в Україну встановлена потужність ВДЕ становила близько 9,9 ГВт, з них 2 ГВт - вітрова, 6 ГВт — сонячна, 0,2 ГВт — біомаса. Станом на початок 2024 року приблизно 8,7 ГВт (через втрати й ушкодження). [2]. У 2024 році обсяг електроенергії, виробленої з ВДЕ в Україні (включно з небольшими ГЕС, біомасою), виріс на 6,4 % порівняно з 2023-м, до ≈ 11 млн МВт·год. Частка ВДЕ у загальному балансі виробництва електрики становила майже 11 % [3].

Уряд у 2024 році ухвалив Національний план дій з відновлюваної енергетики до 2030 року який встановлює ціль: 27 % ВДЕ у кінцевому споживанні енергії до 2030 року. Цей план передбачає збільшення встановленої потужності: зокрема, до 2030 року — 6,1 ГВт вітрової енергії на суходолі, 12,2 ГВт сонячної енергії, майже 876 МВт біоенергетики та 40 МВт геотермальної енергії [4]. Крім того, представлений у 2025 році проект «Драфту стратегії водню до 2050 року» надає рамки для розвитку зеленої енергетики та виробництва «зеленого» водню, із дорожньою картою пілотних проєктів і міжнародної співпраці. [5]. Такий розвиток політики, разом з міжнародними інвестиціями та технологічними інноваціями, створює передумови для того, щоб відновлювана енергетика в Україні стала не лише засобом компенсації втрат енергосистеми у наслідок російської агресії, але й драйвером економічного зростання, енергетичної автономії, експортного потенціалу та кліматичної нейтральності.

Метою дослідження є аналіз поточного стану відновлюваної енергетики в Україні, визначення її потенціалу та перспектив розвитку у післявоєнний період. Завдання: дослідити світові та національні тенденції розвитку ВДЕ, оцінити масштаби втрат та окреслити стратегії майбутнього розвитку.

Стан і динаміка розвитку ВДЕ в Україні. У період 2017-2021 рр. спостерігався «бум» інвестицій у ВДЕ: встановлена потужність зросла у кілька разів під впливом «зеленого» тарифу, доступного фінансування та іноземних інвестицій (частка іноземного капіталу була суттєвою - понад 30 % у певні роки). Цей етап характеризувався швидким зростанням сонячної і наземної вітрової генерації [2, 6]. Атаки на критичну енергетичну інфраструктуру та окупація територій призвели до суттєвих втрат генерації — за різними оціночними підрахунками, загальні втрати доступної генеруючої потужності (усі джерела, не тільки ВДЕ) складають від ~27 ГВт (часткова окупація/пошкодження/знищення) до оцінки про 51 % скорочення доступної генерації у період 2022–квітень 2023 (різні джерела й методології оцінок). Це включає знищення/пошкодження ТЕС, ГЕС, трансформаторних підстанцій та частину ВДЕ-об'єктів [7,8].

Частина промислових СЕС та ВЕС опинилися в окупованих або безпечних для роботи зонах - оцінки показують, що певні сотні МВт індустріальних СЕС були втрачені або пошкоджені, а близько ~500 МВт промислових СЕС опинилися в окупованих територіях за оцінками галузевих довідок. Також частина СЕС зазнавала прямого ушкодження під час атак [6,9]. Незважаючи на війну, сектор ВДЕ продовжував зростати, здебільшого за рахунок розподіленої (домашньої та комерційної) генерації [10]:

- 2022 рік: додатково ~312 МВт нових ВДЕ (включно з домогосподарствами та невеликими СЕС — частка СЕС домогосподарств була значною).

- 2023 рік: приблизно ~350 МВт нових потужностей (зокрема ~150 МВт СЕС, ~145 МВт ВЕС, ~40 МВт біо- та інші).

- 2024 рік: ринкові оцінки й асоціації галузі вказують на 800–945 МВт нового встановленого сонячного потенціалу, з великою часткою - для власного споживання (домогосподарства та підприємства). У 2024 р. за різними джерелами було встановлено ~800–850 МВт саме сонячної потужності; за даними вашої презентації/доповіді - загалом 945 МВт нових потужностей розподіленої генерації, з яких ~587 МВт - СЕС для власного споживання

Через постійні удари по централізованій інфраструктурі та проблеми з маневреною генерацією, українські підприємства, громади й домогосподарства активно переходять до:

- домашніх/комерційних СЕС (self-consumption) – значна частка зростання 2023-2024 рр. припала саме на ці установки; у 2024 році частка СЕС для власного споживання оцінюється в сотні мегават (згадувані ~587 МВт) [6].

- місцевих мікромереж, модульних рішень і систем накопичення – точні дані по MWh/МВт накопичувачів в Україні поки що частково обмежені, але міжнародні та локальні огляди відзначають нарощування ініціатив зі встановлення аккумуляторных систем у поєднанні із СЕС та дизель-резервом для критичних об'єктів громад. Це тренд, що забезпечує стійкість локальних енергосистем [8].

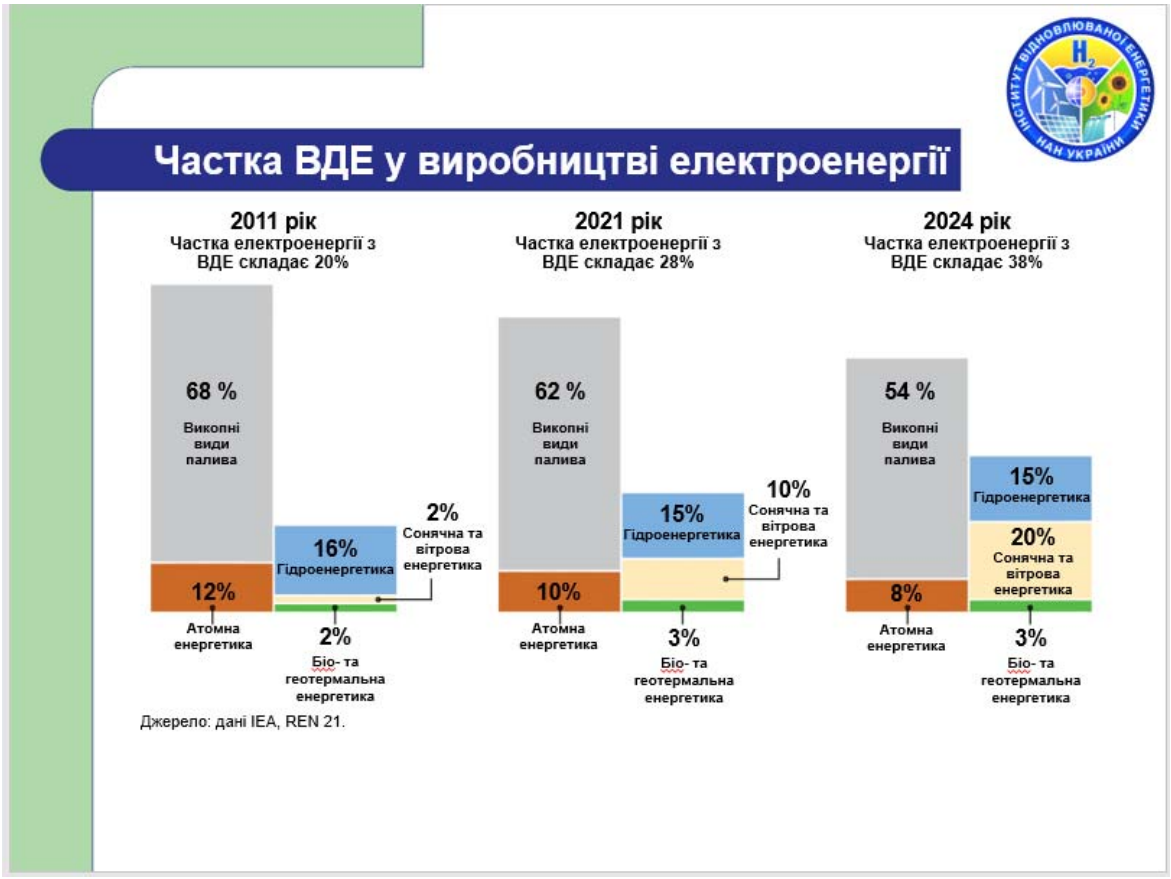


Рис. 1. Частка відновлюваної енергетики у виробництві електроенергії за період з 2011 по 2024 роки.

Частка відновлюваної енергетики у виробництві електроенергії за період з 2011 по 2021 роки збільшилася на 8%, а за період з 2021 по 2024 роки додала ще 10%

Коротке зведення ключових цифр (на 2024–початок 2025):

- Установлена потужність ВДЕ до 24.02.2022: ~9,9–10,0 ГВт. [2].
- Втрати загальної доступної генерації (усі джерела) з початку війни: оцінки ~27 ГВт втраченої/недоступної потужності або скорочення доступності до ~50 % у 2022–2023. [7].
- Нові встановлення ВДЕ: ~312 МВт (2022); ~350 МВт (2023); ~800–945 МВт (2024, переважно сонячні установки, велика доля — для власного споживання) [6].
- Частина промислових СЕС в окупованих/пошкоджених зонах: порядку сотень МВт (≈500 МВт [6].

Можна зробити висновки, що, попри війну у період 2022–2024 рр. Україна додала в загальний енергичний баланс держави понад 1,6 ГВт нових відновлюваних потужностей, головним чином розподілених. Це свідчить про стійкість сектора та перехід до нової філософії енергетики — децентралізованої, автономної й адаптованої до умов воєнного часу.

Політика та державна підтримка. Розвиток відновлюваної енергетики в Україні визначається низкою стратегічних документів та ініціатив, які закладають як довгострокові цілі, так і конкретні кроки на найближчі роки. Поворотним моментом стало ухвалення у серпні 2024 року Національного плану дій з відновлюваної енергетики до 2030 року (Розпорядження КМУ №761-р), яким встановлено амбітну мету — досягти 27 % частки відновлюваних джерел енергії у кінцевому споживанні енергії. У документі визначено як орієнтовні обсяги введення нових потужностей (до 10 ГВт додаткових ВДЕ вже до 2030 року), так і механізми підтримки — аукціони, державні гарантії, програми стимулювання для домогосподарств та підприємств [11].

Ці завдання вписуються у більш широку рамку, визначену Енергетичною стратегією України до 2050 року, ухваленою у квітні 2023 року. Стратегія передбачає послідовне

нарощування відновлюваних потужностей, поступове скорочення викопного палива, а також досягнення кліматичної нейтральності у другій половині століття.

Важливою складовою політики стали інвестиційні орієнтири. У серпні 2024 року уряд оголосив про план залучення близько 20 млрд доларів США у розвиток відновлюваної енергетики та супровідної інфраструктури. Це фінансування має забезпечити не лише зростання встановлених потужностей, але й модернізацію мереж, створення систем накопичення енергії та інтеграцію нових технологій. Уряд активно працює над тим, щоб залучити міжнародних донорів і фінансові інституції, які вже оголосили пакети підтримки енергетичної відбудови.

Особлива увага приділяється розвитку розподіленої генерації та автономних систем. Після масованих атак на централізовану інфраструктуру стало очевидно, що саме локальні рішення здатні підвищити стійкість громад і підприємств.

Водночас політика держави охоплює і нові напрямки — насамперед розвиток водневої енергетики. Уже сьогодні в проектах закладено орієнтир створення до 10 ГВт електролізерів до 2030 року, з яких більшість буде спрямована на експорт. Це формує не лише внутрішній ринок нових технологій, але й позиціонує Україну як потенційного постачальника «зеленого» водню для Європи.

Політичні орієнтири поступово підтверджуються конкретними інвестиційними кроками. Так, компанія DTEK у 2025 році оголосила про масштабне розширення Тилігульської вітрової електростанції — від нинішніх 114 МВт до 500 МВт, із загальним обсягом інвестицій близько €450–470 млн. Подібні проєкти сигналізують про поступове відновлення інвестиційної довіри навіть у складних умовах воєнного часу.

Інститут відновлюваної енергетики НАН України виступає ключовим науковим центром у сфері ВДЕ, розробляючи важливі інструменти та проєкти, які активно впроваджуються на національному рівні. Зокрема, у 2024 році вийшло третє, оновлене видання Атласу енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України, що містить осучаснені карти, аналітичні розрахунки та цифрові моделі потенціалу сонячної, вітрової, геотермальної, біоенергетичної та малих гідроенергетичних ресурсів по території України. Паралельно Інститут працює над водневою стратегією, зокрема над оцінкою потенціалу виробництва «зеленого» водню та інтеграції електролізерів у енергетичну систему. В якості практичних пілотів реалізуються проєкти розподіленої генерації, де ІВЕ НАНУ бере участь у розробках локальних мікромереж, автономних енергосистем та інтеграції систем накопичення енергії.

Таким чином, державна політика у сфері відновлюваної енергетики поєднує амбітні цілі та конкретні інструменти, орієнтовані на відновлення після війни й стратегічну трансформацію енергетичного сектору. Вона спирається на міжнародну підтримку, прагне залучити приватні інвестиції та водночас стимулює локальні ініціативи. Це дозволяє сформувати комплексний підхід, де відновлювані джерела енергії стають не лише елементом «зеленого» переходу, а й одним із фундаментів енергетичної безпеки та інтеграції України у європейський енергетичний простір.

Список використаних джерел:

1. Investments in renewable energy sources reached $623 billion. RE Global Ukraine. (2025). – [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://100re.org.ua/en/investments-in-renewable-energy-sources-reached-623-billion/?utm_source=chatgpt.com

2. Renewable energy. UkraineInvest. (2025). – [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://ukraineinvest.gov.ua/en/industries/energy/renewable-energy/?utm_source=chatgpt.com

3. Electricity generation from renewable sources in Ukraine in 2024 increased by 6.4%. ExPro. (2025). – [Електронний ресурс] – Режим доступу:

https://expro.com.ua/en/tidings/electricity-generation-from-renewable-sources-in-ukraine-in-2024-increased-by-64?utm_source=chatgpt.com

4. Ukrainian Wind Energy Market Review 2024: UWEA report prepared with the participation of Altelaw and Asters. (2024). – [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.altelaw.com.ua/en/ukrainian-wind-energy-market-review-2024-uwea-report-prepared-with-the-participation-of-altelaw-and-asters/?utm_source=chatgpt.com

5. The draft Hydrogen Strategy until 2050. Ukrinform. (2024). – [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.ukrinform.net/rubric-economy/3813122-energy-ministry-presents-draft-hydrogen-strategy-until-2050.html?utm_source=chatgpt.com

6. Current state of Ukrainian solar energy. Solar Energy Association of Ukraine (SEAU). (2024). – [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.aseu.solar/en/about-6?utm_source=chatgpt.com

7. Striving for Access, Security, and Sustainability: Ukraine's Transition to a Modern and Decentralized Energy System. Report by Romina Bandura and Alexander Romanishyn. CSIS. Center for Strategic and International Studies. (2025). – [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.csis.org/analysis/striving-access-security-and-sustainability?utm_source=chatgpt.com

8. Ukraine's energy system under attack. IEA. (2024). Renewables 2022, IEA, Paris – [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.iea.org/reports/ukraines-energy-security-and-the-coming-winter/ukraines-energy-system-under-attack?utm_source=chatgpt.com

9. Lessons of War: Ukraine's Energy Infrastructure Damage, Resilience and Future Opportunities. EESC. Eastern Europe Studies Centre. (2025), – [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.gssc.lt/wp-content/uploads/2024/05/v04_Rimutis_Ukrainos-energetikos-sektoriaus-zala_EN_A4.pdf?utm_source=chatgpt.com

10. Ukrainian energy sector evaluation and damage assessment – IX. (2023). Energycharter. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/Occasional/2023_04_27_UA_sectoral_evaluation_and_damage_assessment_Version_IX.pdf?utm_source=chatgpt.com

11. Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2030 року, — (2024). Урядовий портал. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.kmu.gov.ua/news/uriad-zatverdyv-natsionalnyi-plan-dii-z-vidnovliuvanoi-enerhetyky-na-period-do-2030-roku-premier-ministr

UDC: 553.98:504.05:550.8(262.5)

PROSPECTS FOR CCS PROJECTS IMPLEMENTATION IN THE BLACK SEA REGION WITH CO2 DIRECT INJECTION TECHNOLOGY

Dudu A.-C.,[1]*, alexandra.dudu@geoecomar.ro,*
Demchuk Yu.[2]*, y.demchuk@geothermalukraine.org,*
Virshylo I.[3]*, 3ivan.virshylo@ugv.com.ua,* ***Kurylo M.***[4]*, marikurylo@meta.ua,*
Berenblyum R.[5]*, robe@norceresearch.no,*
1 – National Institute for Research and Development on Marine Geology and Geo-ecology – GeoEcoMar, Bucharest, Romania,
2 – NGO Geothermal Ukraine, Ivano-Frankivsk, Ukraine,
3 – Ukrgasvydobuvannya JSC (UGV), Naftogaz Group, Kyiv, Ukraine,
4 – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,
5 – Norwegian Research Center NORCE, Norway

The CTS project (CO_2 Transport and Storage directly from a ship: flexible and cost-effective solutions for European offshore storage) project aims to accelerate carbon capture and storage (CCS) deployment across Europe by investigating an innovative and cost-effective method of CO_2 transport and storage, direct ship injection. This technology removes the need for investing in traditional pipeline and offshore platform systems for the offshore environment. The approach can drastically lower infrastructure costs and it is particularly attractive for emitters and regions without existing CCS assets.

Among the four European offshore regions explored within the project, the Black Sea scenario stands out due to its bilateral dimension—connecting Romania and Ukraine, two neighbouring countries with significant emissions sources and offshore geological formations potentially suitable for long-term CO_2 storage. The analysis incorporates both industrial emissions inventories and subsurface geological assessments to develop integrated CO_2 transport-storage chains that span national boundaries.

Keywords: carbon capture and storage, direct ship injection, Black Sea, Ukraine, Romania.

Traditional solution for offshore storage requires large, costly infrastructure with immense carbon footprint. This hinders the spread of technology especially for smaller emitters and storage operators. The CTS (CO_2 Transport and Storage directly from a ship: flexible and cost-effective solutions for European offshore storage) team will investigate how using ships as transport and injection vessels (based on Nemo Maritime AS technology) can unlock CCUS potential and speed up its deployment.

Romanian CTS scenario

Romanian CTS scenario builds upon earlier CCS planning efforts in the Galați region but has been adjusted to reflect recent industrial changes. The revised model now targets two major CO_2 emission clusters: Călărași and Constanța (fig.1). In 2023, combined emissions from selected industrial sites in these areas amounted to approximately 2.18 Mt of CO_2. These facilities span multiple sectors, including steel, glass, cement, energy, and refining.

To manage CO_2 transport from capture sites to offshore storage, Romanian CTS scenario employs a multi-modal logistics chain. This includes inland rail and river transport to port hubs (Călărași, Medgidia, and Midia). The proposed value chain includes three transport scenarios with the same destination point, namely Midia hub, from where the captured CO_2 is sent by different transport means to offshore storage sites (Fig. 1). In Scenario I, CO_2 is conveyed via an offshore pipeline to a central platform which then distributes the CO_2 to designated storage sites. This pipeline would follow the route of an existing corridor linking the Midia refinery to the Gloria platform near the Lebăda Est field. Scenario II involves loading CO_2 onto conventional shipping vessels at Midia and then transport to an offshore platform (same location as in Scenario I) for subsequent injection into the storage sites. In the Scenario III, CO_2 is transferred onto a specialized vessel equipped for direct ship-to-reservoir injection, enabling immediate offshore storage without the need for an intermediate platform.

The selected offshore storage formations fall within Romanian Exclusive Economic Zone (EEZ) in the Black Sea. Two types of storage reservoirs have been identified, deep saline aquifers (Venus, Iris, Tomis, Lotus) and hydrocarbon fields (the oil and gas fields Sinoe, Lebăda Est and Lebăda Vest).

The deep saline aquifers were selected from the structures found non-productive during 1980s exploration campaign in the Black Sea and are considered good opportunities for storage *(Dudu et. al. 2017)*. The formations are predominantly Albian, while Venus is from the Eocene *(Moroșanu, 2012; Luțac, 2000)*. All sites share a consistent average porosity of 20% and an average thickness between 100 and 144 m. The depth to the top of the reservoirs ranges between 1000 and 2700 m. Storage capacity estimates, based on conservative assumptions, derived from EUGeoCapacity methodologies (*Vangkilde-Pedersen et al., 2009)*, due to limited geological data access, suggest a combined potential of nearly 88 Mt CO_2 in aquifers *(Dudu et. al. 2025)*.

Depleted oil fields (Lebăda Est, Lebăda Vest, Sinoe) were exploited for more than 30 years and discovered during the seismic exploration campaign of the Black Sea in the 1980s.The target reservoirs are predominantly Albian, while for Sinoe the target is Eocene *(Moroșanu, 2012)*. All sites have an average porosity of 15-17%. The reservoirs depth ranges between 2000 and 2400 m and the estimated thickness varies from 25 to 35 m *(Luțac, 2000)*. Estimated storage capacity (calculated using EUGeoCapacity methodology), based solely on public data, indicates a total of 59 Mt *(Dudu et. al. 2025)*

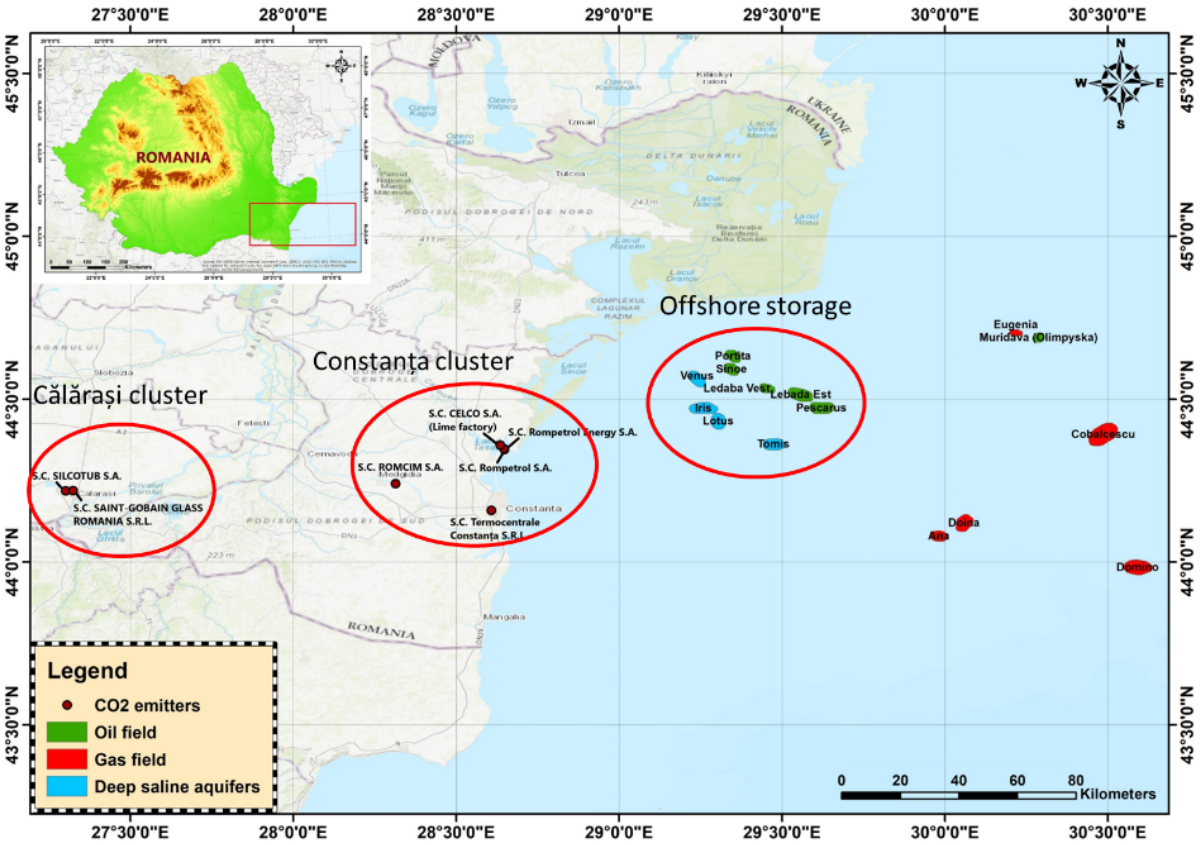


Fig. 1. Map of Romanian CTS main scenario

Ukrainian CTS scenario

The Ukrainian scenario focuses on emission clusters from Odesa and Mykolaiv regions (fig. 2). 2023 data indicate combined annual CO_2 emissions of approximately 1.26 Mt from stationary sources in these two regions. An alternative scenario for the estimates could use 2021 data, which show emissions of about 3.7 Mt. The Ukrainian model considers both onshore logistics infrastructure and offshore storage capacity within its EEZ in the Black Sea.

Two major seaports – Pivdennyi in Odesa region and Mykolaiv port – are positioned as CO_2 hubs due to their advanced facilities and strong connectivity. These ports would serve as gateways for transporting captured CO_2 to offshore storage sites, such as the Holitsyna, Arkhangelske, and Shtormove gas and condensate fields. These formations, composed primarily of Paleocene and Miocene sediments, have porosities ranging from 20 to 30% at depth from 900 m and up to 2500 m (*Mykhailov et al. 2014*). Conservative estimates (using EUGeoCapacity methodology) place their combined CO_2 storage capacity at roughly 55.14Mt (*Dudu et al. 2025*).

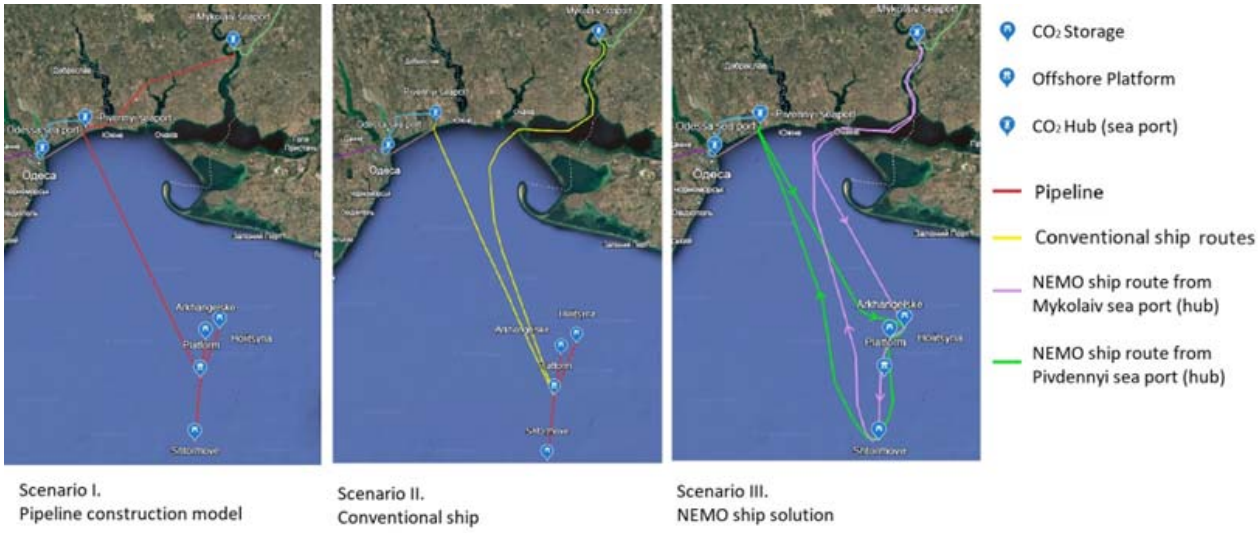


Fig. 2. Ukrainian CTS scenarios I-III

Ukrainian value chain also considers three CO_2 transport scenarios, as illustrated in Fig. 2. Scenario I involves the construction of a combined onshore and offshore pipeline system connecting hubs in the Odesa and Mykolaiv regions to a proposed offshore platform located between potential CO_2 storage sites. The pipeline network would then extend from the platform to each storage site, enabling the transport and injection of CO_2. In Scenario II, CO_2 is transported from the hubs to the offshore platform using conventional ships. From the platform, pipelines would carry the CO_2 to the potential storage sites. Scenario III proposes a direct ship-to-reservoir injection solution, known as the NEMO ship concept.

Integrated Black Sea Scenario

The strength of the CTS Black Sea scenario lies in its cross-border synergy. Romania and Ukraine, through collaborative modelling and shared infrastructure planning, could create a unified carbon management ecosystem. CO_2 from both countries could be stored also in Romanian reservoirs, Ukrainian sites, or a combination of both (all presented in Fig. 3), depending on techno-economic assessments and regulatory frameworks.

This integrated approach will be evaluated within the scope of the project. The model considers key dimensions such as geological compatibility to ensure the suitability of storage formations across national boundaries, economic efficiency to optimize both storage allocation and transport investments, and regulatory harmonization to support the development of coherent legal structures for transboundary CO_2 management. Technically, many of the proposed storage sites have low storage readiness levels and depend on extrapolated data. Economically, high upfront costs for ships, pipelines, and port upgrades may deter investment. Geopolitical instability – particularly in Ukraine – adds further uncertainty.

In support of regional integration, the CTS Black Sea scenario may also consider the establishment of a cross-border CO_2 hub along the Romania–Ukraine border region. Such a hub could centralize and coordinate capture, transport, and initial storage efforts, generating synergies across national systems while improving scalability and resilience.

Conclusions. The Black Sea scenario in the CTS project highlights the feasibility of a cross-border, ship-enabled CO_2 transport and storage network. Conservative capacity estimates indicate sufficient offshore storage to manage 2023-level emissions from both Romania and Ukraine for over 15 years. The use of multiple transport methods enhances system flexibility, while shared infrastructure between the two countries could optimize costs and improve scalability.

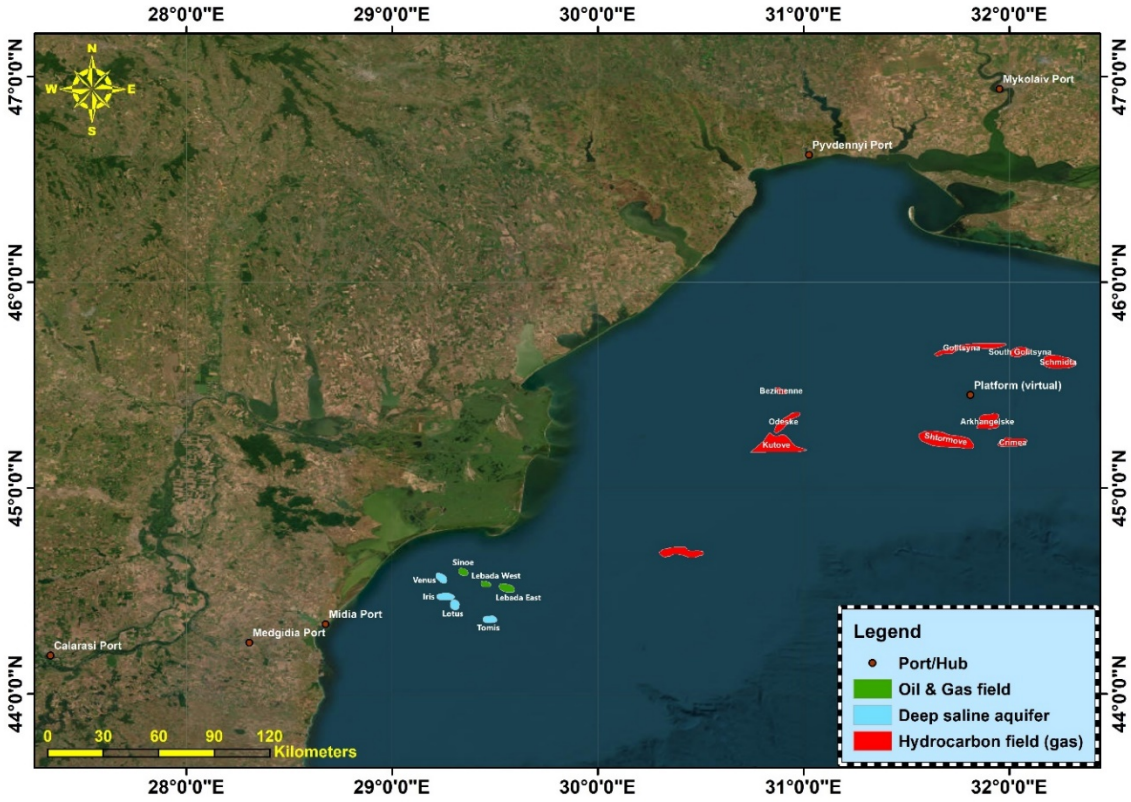


Fig. 3. Hubs and storage sites for Black Sea scenario

The scenario faces several risks: limited geological data, regulatory disparities, and geopolitical instability – particularly due to the conflict in Ukraine. These factors must be addressed through targeted research, stakeholder coordination, and international cooperation. The success of this scenario depends on its ability to align strategic planning with regional strengths, shared resources, and political will to build a secure, integrated CCS future in the Black Sea region.

CTS project marks a significant step toward developing scalable and innovative CO_2 management pathways in Eastern Europe. Further research will involve in-depth subsurface analysis, infrastructure simulations, and feasibility assessments. If successful, the Black Sea could emerge as a pivotal CCS hub for Europe, contributing to the continent's broader decarbonization goals.

Acknowledgements

This research was funded by CETPartnership, the Clean Energy Transition Partnership under the 2022 CETPartnership joint call for research proposals, co-funded by the European Commission (GA N°101069750) and with the funding organizations detailed on https://cetpartnership.eu/funding-agencies-and-call-modules."

References:

1. Dudu A. et al. (2017) CO_2 geological storage possibilities in Histria Depression - Black Sea, *GeoEcoMarina*, vol. 23.
2. Dudu et al. (2025) CTS Project: CO_2 transport and storage solutions in the Black Sea, *Advances in Carbon Capture Utilization and Storage*, Vol. 3. No 1.
3. Vangkilde-Pedersen T., et al. (2009) Assessing European capacity for geological storage of carbon dioxide – the EU GeoCapacity project, *Energy Procedia*, vol. 1.
4. Morosanu, I. (2012) The hydrocarbon potential of the Black Sea continental Plateau in Romania.
5. Lutac, D. (2000) Sedimentary and tectonic processes at the base of the paleoslope of the Histria Basin," *University. of Bucharest* (PhD thesis)
6. . Mykhailov et al. (2014) "Unconventional sources of hydrocarbons of Ukraine: monograph. In eight books. Southeastern oil and gas bearing region," (in Ukrainian) in *Analytical Investigations*, Vol. 3.

УДК 620.92, 662.769.2, 553

ВОДЕНЬ – ЕНЕРГІЯ МАЙБУТНЬОГО: ПЕРСПЕКТИВИ ВИДОБУТКУ, ВИРОБНИЦТВА, ПІДЗЕМНОГО ЗБЕРІГАННЯ

Толкунов А.А., к*. геол. н., schreibikus@ukr.net,*
Інститут відновлюваної енергетики НАН України, Київ, Україна;
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

У доповіді розглянуто перспективи розвитку водневої енергетики в контексті глобального переходу до низьковуглецевої економіки. Проаналізовано сучасні технології виробництва водню: зеленого, сірого, блакитного, рожевого а також білого (природного) водню. Розглянуто особливості підземного зберігання водню. Зроблено висновки щодо стратегічної ролі зеленого та білого водню у формуванні стійкої енергетичної системи України.

HYDROGEN AS THE ENERGY OF THE FUTURE: PROSPECTS FOR EXTRACTION, PRODUCTION, AND UNDERGROUND STORAGE

Tolkunov A., *PhD (Geol.), schreibikus@ukr.net,*
Institute of Renewable Energy of NAS of Ukraine,
Institute of Geology Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

The report examines the prospects for the development of hydrogen energy in the context of the global transition to a low-carbon economy. It analyzes current technologies for hydrogen production: green, gray, blue, pink, as well as white (natural) hydrogen. The features of underground hydrogen storage are also discussed. Conclusions are drawn regarding the strategic role of green and white hydrogen in shaping a sustainable energy system for Ukraine.

Вступ. У XXI столітті людство опинилося перед екзистенційним викликом — кліматичною кризою, спричиненою високим рівнем викидів парникових газів. Зміна клімату, енергетична залежність та деградація довкілля потребують невідкладного переходу до чистих джерел енергії. На цьому тлі водень дедалі частіше розглядається не лише як альтернатива викопному паливу, а як основа майбутньої енергетичної системи.

Україна, маючи значний потенціал у сфері відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), атомної енергетики та геологічних структур, що можуть містити природний водень, має унікальну можливість стати одним з регіональних лідерів у водневій економіці. Проте реалізація цього потенціалу потребує глибокого аналізу багатьох чинників — технологічних, екологічних, геологічних, економічних і регуляторних.

Метою даної роботи є системний аналіз ключових аспектів виробництва, зберігання, в Україні та світі з урахуванням інвестиційної привабливості відповідних проєктів.

Метою дослідження є обґрунтування перспектив розвитку водневої енергетики в Україні з урахуванням новітніх технологій, геологічного потенціалу та міжнародних трендів.

За видами виробництва водень класифікують за умовними кольорами. Найбільш поширеними з них є наступні:

- зелений водень отримують у результаті електролізу води з використанням відновлюваної енергії;
- білий водень природнього походження зустрічається в газоподібному стані у природі в підземних покладах;
- рожевий водень виробляється методом електролізу води з використанням електроенергії з атомних електростанцій;
- сірий водень отримують із викопного палива під дією високих температур і тиску без вловлювання парникових газів (на даний час більшість водню отримують з природного газу, при цьому в атмосферу поступає біля 9,3 кг CO_2 на 1 кг отриманого водню);
- блакитний водень отримують за тими ж технологіями, що сірий водень, але при цьому вловлюються викиди, щоб запобігти їх поширенню в атмосфері. Такі технології супроводжуються значно меншими викидами, однак приблизно 10-20% утвореного $C0_2$ не можна вловити [1] (Таблиця 1.).

Таблиця 1. Найбільш поширені способи виробництва та отримання водню

Тип водню	Джерело енергії	Технологія	Викиди CO_2	Стадія розвитку
Сірий	Природний газ	Парова конверсія метану	Високі	Домінує
Блакитний	Природний газ	SMR + CCS	Помірні	Обмежено впроваджується
Зелений	ВДЕ	Електроліз	Нульові	Активно розвивається
Рожевий	Атомна енергія	Електроліз	Нульові	Має потенціал
Білий	Геологічні процеси	Природний H_2	Нульові	Науково-дослідний етап

Україна має розвинену мережу сонячних і вітрових електростанцій, що може стати основою для виробництва зеленого водню. До 2030 року передбачається збільшення потужності ВДЕ вдвічі, що створює передумови для масштабного виробництва зеленого водню.

Україна має значний потенціал видобутку білого водню [2]. Водень може видобуватися як супутній газ на родовищах вуглеводнів (зафіксований підвищений вміст H_2 на багатьох площах Східного та Західного нафтогазоносних регіонів [3]. Необхідним є розглянути доцільність створення державної програми геологорозвідувальних робіт для виявлення природних джерел водню.

З огляду на наведене вище ми вважаємо, що проєкти з виробництва зеленого та видобутку білого водню мають стратегічну роль у формуванні стійкої енергетичної системи України.

Зберігання водню – ключ до гнучкості енергетичної системи. Аналіз світового досвіду у сфері підземного зберігання водню дозволяє виокремити три основні підходи до реалізації відповідних проєктів [4,5,6]:

1. Зберігання водню у водоносних горизонтах. Водоносні шари можуть виступати потенційними резервуарами для тривалого зберігання водню. Основна перевага цього методу полягає в можливості забезпечення довготривалого утримання газу. Водночас необхідно враховувати вплив водню на гідрохімічні параметри та тиск у системі, що може призвести до екологічних ризиків.
2. Зберігання у виснажених родовищах вуглеводнів. Використання вже відпрацьованих нафтових і газових родовищ є перспективним напрямом завдяки великій місткості та зниженому рівню геологічної невизначеності. Наявність інфраструктури та наявний обсяг геолого-геофізичних даних здатні значно зменшити вартість проєкту. Однак важливо враховувати хімічну взаємодію водню з породами та потенційні зміни їх фізико-механічних властивостей, що зумовлює потребу в оцінці технічних ризиків.
3. Зберігання у соляних кавернах. Соляні каверни створюються шляхом вимивання порід у масивах солей (пластах або куполах) і забезпечують високу щільність зберігання, а також можливість будівництва сховищ значного об’єму. До переваг цього методу належать герметичність та відносна стабільність умов. Проте його реалізація супроводжується високими капітальними витратами на будівництво й експлуатацію, а також ризиками витоку водню.

Україна має сприятливі геологічні умови для створення підземних сховищ водню. Потенційно придатними для цього є соляні поклади на заході (Львівська, Івано-Франківська області), південні країни, а також великі соляні куполи Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) і виснажені газові родовища. Особливо перспективними вважаються об'єкти ДДЗ завдяки значним розмірам соляних тіл, придатних для утворення каверн високої місткості. На відміну від них, деякі родовища півдня України характеризуються тонкошаруватою будовою, що обмежує можливість економічно доцільного зберігання водню. Перевагою

соляних структур ДДЗ є їх хороша вивченість завдяки багаторічним геолого-геофізичним дослідженням, а також наявність розвиненої нафтогазової інфраструктури.

Воднева енергетика — це не тимчасове рішення, а довгострокова стратегія. Україна має значний потенціал для масштабної реалізації проєктів з виробництва, видобутку та зберігання як зеленого, так і природного (білого) водню. Для досягнення цієї мети необхідним є:

- розробка та вдосконалення нормативно-правової бази що регулює всі основні аспекти майбутньої водневої економіки;
- інтенсифікація геолого-розвідувальних робіт на природній (білий) водень;
- сприяння залученню інвестицій у виробництво, видобуток, зберігання водню шляхом надання податкових пільг та застосування інших стимулів;
- розробка та розвиток освітніх і наукових програм у сфері водневої енергетики.

Список використаних джерел:

1. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії/Кудря С.О. - Підручник. - Київ: Національний технічний університет України («КПІ»), 2012.-495с.
2. Багрій І. Д. Розробка геолого-структурно-термо-атмогеохімічної технології прогнозування пошуків корисних копалин та оцінки геоекологічного стану довкілля. – К. : Логос, 2013. – 510 с.
3. Атлас родовищ нафти і газу України. - Том. 1. - Львів: Центр Європи, 1998. - 494 с.
4. Liebscher, Axel, Jürgen Wackerl, and Martin Streibel. "Geologic storage of hydrogen–fundamentals, processing, and projects. Hydrogen science and engineering: materials, processes, systems and technology (2016): 629-658.
5. Kruck, Olaf, et al. "Overview on all known underground storage technologies for hydrogen. Project Under–Assessment of the Potential, the Actors and Relevant Business Cases for Large Scale and Seasonal Storage of Renewable Electricity by Hydrogen Underground Storage in Europe. Report D 3 (2013).
6. The Global Hydrogen Review 2025. International Energy Agency. – Режим доступу: https://iea.blob.core.windows.net/assets/12d92ecc-e960-40f3-aff5-b2de6690ab6b/GlobalHydrogenReview2025.pdf

ГЕНЕРАЛЬНІ ПАРТНЕРИ

PROEKT BUD

ГЕО-НАДРА -ІНВЕСТ

HORDIK

HORYZONTY

MND Tynivske

ZAKHIDNADRA SERVIS

Нафтогаз Укргазвидобування

UKRNAFTA

XP Towards Sustainable Upstream Operations

Amber Gabin

ЗА ПІДТРИМКИ

СТРИЙНАФТОГАЗ

DTEK НАФТОГАЗ

DTEK НАША ЕНЕРГІЯ ЖИВИТЬ ЖИТТЯ

GEO ALLIANCE GROUP

ESCO PIVNICH

BGV GROUP MANAGEMENT Futuready

METINVEST

ГЕОПРОФ UKRAINE

K-MINE REACH NEW LEVEL

VPR VOLYNPRYRODRESURS

ГЕОЛОГІЧНА ІНВЕСТИЦІЙНА ГРУПА

MINERAL WATERS ALEX

Трускавецька

КОВАЛЬСЬКА

ІНФОРМАЦІЙНИЙ ПАРТНЕР

NADRA info

conf.dkz.gov.ua

conf@dkz.gov.ua