

**Київський національний університет  
імені Тараса Шевченка**  
Навчально-науковий інститут  
«Інститут геології»  
Кафедра мінералогії, геохімії та  
петрографії



**Від Мінералогії і Геогнозії до Геохімії,  
Петрології, Геології та Геофізики:  
фундаментальні і прикладні тренди  
XXI століття**



**Збірка тез конференції  
12-13 листопада 2025 року  
Київ, Україна**

## ЗМІСТ

<b>Андрєєва О.О., Бучинська В.О., Годовська П.Є.</b> ЄВРОПЕЙСЬКА ГЕОЛОГІЧНА СПІВПРАЦЯ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ МІНЕРАЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ: ДОСВІД ПРОЄКТУ GSEU .....	5
<b>Бабчук Д.М.</b> СУЧАСНІ АСПЕКТИ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ НАФТОГАЗОВОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ .....	9
<b>Бельський В.М., Дергай А.С., Корохіна А.В., Канунікова Л.І.</b> ГЕОХІМІЧНИЙ ТА МІНЕРАЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗИ КЕРАМІЧНИХ ВИРОБІВ З МЕТОЮ ЇХ СОРТУВАННЯ .....	14
<b>Білецький О.Л., Павлова О.О.</b> ОСОБЛИВОСТІ СЕДИМЕНТАЦІЇ ТА ПЕТРОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВІДКЛАДІВ КАНІЛІВСЬКОЇ СЕРІЇ ВЕРХНЬОГО ВЕНДУ В МЕЖАХ ГОРИНСЬКОЇ СФЗ.....	18
<b>Бручко М.Р., Митрохин О.В.</b> ПЕТРОГРАФІЯ МАГМАТИЧНИХ ПОРІД З ОСТРОВІВ ДАНЕБРОГ (БЕРЕГ ГРЕЯМА АНТАРКТИЧНОГО ПІВОСТРОВА) .....	22
<b>Бублясь В.М., Шевченко О.Л.</b> КОМПЛЕКСУВАННЯ ГЕОФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ ПРИ ВИВЧЕННІ ГІДРОГЕОДИНАМІЧНИХ ЯВИЩ В ЗОНІ ВІЛЬНОГО ВОДООБМІНУ .....	25
<b>Виуневич І.В.</b> DETECTION AND ANALYSIS OF MINERALOGICAL ANOMALIES IN AEOLIAN STRATA: AN INTEGRATED APPROACH .....	29
<b>Бучинська А.В., Цільмак О.В., Бурбан К.А.</b> МУЗЕЙ ЯК СПОСІБ ЗБЕРЕЖЕННЯ ГЕОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ (НА ПРИКЛАДІ МІНЕРАЛОГІЧНОГО МУЗЕЮ ІМЕНІ ЄВГЕНА ЛАЗАРЕНКА) .....	33
<b>Бучинська І.В., Лазар Г.І.</b> ЗАКОНОМІРНОСТІ ПОШИРЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ДОМШОК У ВУГІЛЛІ ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОГО БАСЕЙНУ .....	38
<b>Висоцький О.Б., Степанюк Л.М., Шумлянський Л.В., Баран А.М.</b> УРАН-СВИНЦЕВИЙ ВІК ЗА ЦИРКОНОМ ГРАНІТУ БІОТИТОВОГО КРОПИВНИЦЬКОГО КОМПЛЕКСУ (ІНГУЛЬСЬКИЙ МЕГАБЛОК) .....	43
<b>Галамай А.Р., Сидор Д.В., Максимук С.В.</b> ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ ТЕРМОБАРОГЕОХІМІЧНИХ ТА ІЗОТОПНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У МОДЕЛЮВАННІ ПРОЦЕСІВ УТВОРЕННЯ КОРИСНИХ КОПАЛИН (на прикладі еоценового басейну Давенкоу) .....	46
<b>Генералова Л.В., Генералов А.В., Костюк О.В.</b> НИЖНЬОЕОЦЕНОВИЙ ЛІТОГЕНЕЗ ФОНОВИХ УТВОРЕНЬ ЗОВНІШНЬОКАРПАТСЬКОГО ПАЛЕОБАСЕЙНУ (УКРАЇНСЬКІ КАРПАТИ) .....	50
<b>Гнідець В.П., Григорчук К.Г., Ревер А.О., Кохан О.М.</b> ЛІТОФАЦІАЛЬНА ЗОНАЛЬНІСТЬ КЕРЛЕУТСЬКИХ ВІДКЛАДІВ АЗОВО- ЧОРНОМОРСЬКОГО ОСАДОВО-ПОРОДНОГО БАСЕЙНУ .....	54

<b>Гнідець В.П., Григорчук К.Г., Кошіль Л.Б., Яковенко М.Б.</b> ІСТОРІЯ КАТАГЕНЕЗУ ТА НАФТОГАЗОУТВОРЕННЯ У ВІДКЛАДАХ ДЕВОНУ ПЕРЕДДОБРУДЗЬКОГО ПРОГИНУ .....	58
<b>Ковальчук М.С., Крошко Ю.В.</b> ЛАТЕРАЛЬНЕ ПОШИРЕННЯ ІЛЬМЕНІТУ З РІЗНИМ ВМІСТОМ ОКСИДІВ В АПТ-НИЖНЬОАЛЬБСЬКИХ ВІДКЛАДАХ АНДРІЙВСЬКОГО І БИРЗУЛІВСЬКОГО РОДОВИЩ ФОСФАТНО-ТИТАНОВИХ РУД .....	62
<b>Ковальчук М.С., Фігура Л.А.</b> КОНТИНЕНТАЛЬНІ ВІДКЛАДИ ІРШАНСЬКОЇ СВІТИ ДІЛЯНКИ СЕРЕДНЯ МЕЖИРІЧНОГО РОДОВИЩА ТА ЇХ РУДОНОСНІСТЬ .....	67
<b>Маширова А.Ю., Митрохин О.В.</b> ПЕРША ЗНАХІДКА ІГНІМБРИТІВ В РАЙОНІ УКРАЇНСЬКОЇ АНТАРКТИЧНОЇ СТАНЦІЇ «АКАДЕМІК ВЕРНАДСЬКИЙ» .....	71
<b>Мережко М.</b> МЕТОДИКА ПАЛЕОГЕОМОРФОЛОГІЧНОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ АНАЛІЗУ УМОВ ФОРМУВАННЯ ТА ПРОГНОЗУ РОЗСИПНИХ РОДОВИЩ (НА ПРИКЛАДІ ТРОСТЯНИЦЬКОГО РОДОВИЩА) .....	74
<b>Митрохин О.В., Бахмутов В.Г., Бручко М.Р.</b> ПЕРШІ ДАНІ ПРО ГЕОЛОГІЮ ОСТРОВІВ ДАНЕБРОГ (БЕРЕГ ГРЕЯМА АНТАРКТИЧНОГО ПІВОСТРОВА) .....	76
<b>Михальченко І.І.</b> CHARACTERISTICS OF (LA-GD) CHONDRITE-NORMALIZED PATTERNS OF NATURAL NODULAR MONAZITES .....	79
<b>Міх Д.В.</b> МІНЕРАЛОГІЧНА ТА ГЕОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОГЕННИХ ВІДХОДІВ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТІВ УКРАЇНИ ЯК ОСНОВА ДЛЯ ЇХ КЛАСИФІКАЦІЇ ЯК ВТОРИННИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН ...	83
<b>Науменко Є.В., Калініченко А.М., Бондаренко С.М., Багмут М.М., Калініченко О.А., Маслак-Гудима Н.П.</b> ОСОБЛИВОСТІ СКЛАДУ І СТРУКТУРИ КРИСТАЛІВ МАГНЕТИТУ З КАЛЬЦИФІРІВ ЗАВАЛЛІВСЬКОГО КАР'ЄРУ (ЗА ДАНИМИ МІКРОЗОНДОВОГО АНАЛІЗУ І МАГНІТНИХ МЕТОДІВ) .....	87
<b>Попп І.Т., Гаєвська Ю.П., Гавришків Г.Я, Мороз П.В.</b> ЛІТОЛОГІЯ І УМОВИ УТВОРЕННЯ КРЕЙДЯНИХ ВІДКЛАДІВ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ (ПЕРСПЕКТИВИ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ) .....	91
<b>Решетник М.М., Шумлянський Л.В., Старокадомський Д.Л.</b> ВКЛЮЧЕННЯ У ФЛЮОРО-АПАТИТАХ З ГРАНІТОЇДІВ ГАЙСИНСЬКОГО БЛОКУ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА .....	95
<b>Томурко Л.Л., Шнюкова К.Є., Бельський В.М., Кушнір С.В., Литвиненко Ю.О.</b> ЗЕЛЕНА ШПІНЕЛЬ В ПОРОДАХ ІНГУЛЬСЬКОГО МЕГАБЛОКУ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА .....	99
<b>Тузяк Я., Кірчанова О.</b> ВІД СКАМ'ЯНІЛОСТІ ДО ЦИФРОВОЇ ЕПОХИ: 120 РОКІВ ПАЛЕОНТОЛОГІЧНОМУ МУЗЕЮ ЛНУ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА .....	103

<b>Наседкін Є.І., Гаврилюк Р.Б., Федосєєнков С.Г., Стадніченко С.М., Земський Д.В.</b>	
СТІК ЗАВИСЛИХ СЕДИМЕНТІВ ДНІПРА ТА ДУНАЮ – АКТУАЛЬНІСТЬ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПЕРШІ РЕЗУЛЬТАТИ .....	107
<b>Цар М.М.</b>	
ПЕТРОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕКЗОТИЧНИХ УЛАМКІВ У ВІДКЛАДАХ ВОРОТИЩЕНСЬКОЇ СВІТИ БОРИСЛАВСЬКО-ПОКУТСЬКОГО ПОКРИВУ (РАЙОН Р. ТИСМЕНИЦЯ, УКРАЇНСЬКІ КАРПАТИ) .....	112
<b>Шлапінський В.Є, Павлюк М.І., Лазарук Я.Г., Савчак О.З., Тернавський М.М.</b>	
ПАЛЕОЦЕН-ЕОЦЕНОВІ ВІДКЛАДИ ГОЛЯТИНСЬКОЇ АНТИКЛІНАЛІ КРОСНЕНСЬКОГО ПОКРИВУ .....	115
<b>Шнюкова К.Є., Томурко Л.Л.</b>	
ПЕТРОГРАФІЯ І НОМЕНКЛАТУРА ЧАРНОКІТОЇДІВ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА .....	119
<b>Якимчук М.А., Корчагін І.М., Соловійов В.Д.</b>	
ТЕХНОЛОГІЯ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНОЇ ОБРОБКИ СУПУТНИКОВИХ ТА ФОТО ЗНІМКІВ: ПОПЕРЕДНІ РЕЗУЛЬТАТИ ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ ОБСТЕЖЕННЯ ОЛЕСЬКОЇ ПЛОЩІ .....	124
<b>Якимчук М.А., Корчагін І.М., Кремень А.</b>	
АПРОБАЦІЯ МЕТОДІВ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНОЇ ОБРОБКИ СУПУТНИКОВИХ ТА ФОТО ЗНІМКІВ НА ПЛОЩІ БУРІННЯ ПОШУКОВИХ СВЕРДЛОВИН НА ВОДЕНЬ В ШТАТІ КАНЗАС (США) .....	129
<b>Якимчук М.А., Корчагін І.М., Соловійов В.Д.</b>	
ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНОЇ ОБРОБКИ СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ ДЛЯ ПОПЕРЕДНЬОГО ПРОГНОЗУ ПРОДУКТИВНОСТІ ГЛИБИННИХ ГОРИЗОНТІВ ДЕЯКИХ ДІЛЯНОК ПІВНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ДДЗ .....	134

## **ЄВРОПЕЙСЬКА ГЕОЛОГІЧНА СПІВПРАЦЯ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ МІНЕРАЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ: ДОСВІД ПРОЄКТУ GSEU**

*Андрєєва О.О.<sup>1,2</sup>, Бучинська В.О.<sup>1,2</sup>, Годовська П.Є.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ННІ «Інститут геології» Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, [andreeva\\_ea@ukr.net](mailto:andreeva_ea@ukr.net), [viktoriia.buchynska@gmail.com](mailto:viktoriia.buchynska@gmail.com), [polina.godfuvkv@gmail.com](mailto:polina.godfuvkv@gmail.com)

<sup>2</sup>ГО «Спілка геологів України»

*Автори статті описують досвід реалізації проєкту «Геологічна служба для Європи» (GSEU) у контексті формування єдиного європейського підходу до управління мінеральними ресурсами. У публікації розглянуто основні напрями діяльності GSEU, зокрема оцінку потенціалу критичної сировини та впровадження міжнародних стандартів UNFC.*

*The authors of the article outline the experience of implementing the Geological Service for Europe (GSEU) project in the context of developing a unified European approach to mineral resource management. The publication examines the main areas of GSEU activity, including the assessment of critical raw material potential and the implementation of international standards UNFC.*

### **EUROPEAN GEOLOGICAL COOPERATION FOR MINERAL RESOURCE MANAGEMENT: THE EXPERIENCE OF THE GSEU PROJECT**

*Andriieva O.O, Buchynska V.O, Godovska P.E*

**Вступ.** У сучасних умовах вирішення кліматичних і ресурсних викликів дедалі більше спирається на колективні зусилля та міжнародне партнерство.

Для забезпечення сталого розвитку необхідно використовувати знання про надра, земну поверхню та морське дно — від пошуку та збереження до раціонального використання природних ресурсів. Ці знання допомагають узгоджувати використання надр і територій та створювати науково обґрунтовані системи управління. Досягнення таких результатів можливе лише через тісну кооперацію численних зацікавлених сторін: наукових і державних установ, промисловості та громадянської спільноти, від планування досліджень до практичного застосування даних. Саме такий підхід лежить в основі концепції Геологічної служби для Європи, яка спирається на багаторічну співпрацю національних геологічних служб Європи: розширення мереж, стимулювання інновацій, обмін знаннями, розвиток потенціалу та стандартизацію.[1]

Проєкт Геологічна Служба для Європи (надалі - GSEU) є ключовою європейською стратегічною ініціативою, спрямованою на створення постійної мережі співпраці геологічних служб, що об'єднує 48 партнерів з 35 країн [2, 3].

Від України в цьому проєкті беруть участь 4 організації, що залучені до реалізації низки робочих напрямків проєкту. ГО «Спілка геологів України» завдяки залученим експертам приймає участь у роботі за 4 напрями, що спрямовані на критичну сировину, геотермальну енергетику, підземні води, офшорну вітроенергетику, та здійснює поширення інформації щодо проведених заходів і отриманих результатів у межах проєкту. [4]

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення, задачі дослідження.** У ХХІ столітті людство стикається з численними викликами, серед яких дедалі гострішими стають нестача мінеральних ресурсів і їх нерациональне використання. Ефективне вирішення цих проблем вимагає швидких,

науково обґрунтованих і скоординованих дій на міжнародному рівні. Тому виникла ініціатива створення єдиного геологічного простору Європи.

Необхідність у створенні Геологічної служби для Європи (GSEU) зумовлена потребою у точній та перевірених геологічній інформації для подолання сучасних глобальних викликів, підтримки енергетичного переходу, управління довкіллям і сталого розвитку. Майбутня служба стане платформою співпраці між науковцями, політиками та зацікавленими сторонами.

GSEU прагне створити єдину інтегровану систему — центр знань, даних і експертизи, що підтримає енергетичний і кліматичний перехід Європи, зменшить залежність від імпорту ресурсів і підвищить конкурентоспроможність ЄС.

Науковим підґрунтям для планування розвитку Геологічної служби Європи слугує Стратегічна програма досліджень та інновацій (SRIA) на 2025–2034 роки [5].

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Для створення Геологічної служби для Європи (GSE) проєкт GSEU збирає дані, розробляє інфраструктуру даних та формує мережу експертів. Проєкт GSEU спрямований на максимальне використання досвіду існуючих національних геологічних служб. В рамках проєкту розробляється організаційна та управлінська структура, забезпечується підтримка зацікавлених сторін, що необхідна для формування сталої Геологічної служби у майбутньому.

Основними завданнями проєкту є [2, 3]:

1. Розробити загальноєвропейську гармонізовану службу з надання даних та інформації з акцентом на: Критичні сировинні матеріали (CRM), Ресурси геотермальної енергії та потужності для підземного зберігання стійких енергетичних носіїв, уловлювання та зберігання вуглецю, Динаміку та якість підземних вод, Геологічну та кліматичну інформацію для оцінки вразливості прибережних зон, Основну геологічну інформацію.

2. Створити Європейський центр із сталого управління природними ресурсами з метою сприяння впровадженню Рамкової класифікації ресурсів ООН (UNFC) та Системи управління ресурсами ООН (UNRMS).

3. Розробити інфраструктуру геологічних даних на базі існуючої EGDI для забезпечення постійного доступу до даних та інформаційних послуг, створених в рамках проєкту та поза ним, з метою обслуговування широкого кола зацікавлених сторін, сприяючи подальшому розвитку інновацій та зміцненню ринку інноваційних рішень.

4. Створити Загальноєвропейську платформу базових геологічних знань як єдиний відкритий портал, що забезпечує доступ до результатів проєкту, зібраних даних, інформації та інфраструктури партнерів на національному та регіональному рівнях.

5. Продовжити розвиток мережі національних та регіональних геологічних служб з метою забезпечення сталого надання геологічних знань та послуг.

Проєкт охоплює декілька напрямів: Мінеральна сировина, Геоенергетичні ресурси, Ресурси підземних вод, Узбережжя та море, Налаштування геологічної основи, Європейська інфраструктура геологічних даних (EGDI).

Серед стратегічних напрямів проєкту особливу роль відіграє «Мінеральна сировина», адже вона є основою для забезпечення сталого розвитку, енергетичного переходу та зміцнення ресурсної незалежності Європи.

**Отримані результати, їх обговорення.**

У рамках проєкту напрямок «Мінеральна сировина» передбачає комплекс заходів для оцінки, управління та сталого використання критично важливих ресурсів Європейського Союзу.

Серед основних задач та цілей, які зазначені грантовим проєктом GSEU, по мінеральній сировині, є:

- Переоцінка європейських ресурсів CRM у оншорних та офшорних родовищах, оцінка ресурсів відходів гірництва з акцентом на критичну сировину, необхідну для зеленого переходу.

- Створення та розвиток Центру передового досвіду ЄС зі сталого управління ресурсами (EU ICE-SRM).

- Сприяння впровадженню Об'єднаної Класифікації ресурсів Організації Об'єднаних Націй (UNFC) та Системи управління ресурсами Організації Об'єднаних Націй (UNRMS) для управління мінеральними ресурсами в Європі.

Очікуваними результатами за напрямком критичної сировини було визначено: первинні та вторинні оншорні ресурси CRM - оцінено поточний стан геологічної інформації щодо європейської первинної критичної сировини, виявлено будь-які прогалини в даних та оновлено бази знань, оцінено потенціал європейської первинної критичної сировини а також створено загальноєвропейські карти мінерального потенціалу, оцінено інформацію про відходи гірництва як джерела критичної сировини; офшорні ресурси CRM – розроблені та вдосконалені основні металогенічні моделі, визначені найбільш перспективні регіони та провінції для нерозвіданих родовищ критичної сировини у пан-європейських морях.

На сьогоднішній день вже розроблено і розміщено у відкритому доступі перші версії наступних документів [2]:

- Звіт “Європейські оншорні первинні ресурси CRM”. Звіт представляє нову оцінку 30 CRM за списком 2023 року (без гелію та кремнію). Перша частина містить оцінку основних родовищ CRM із таблицями та картами, що показують запаси, видобуток і стан гірничої діяльності. Друга частина — прогнозна оцінка 11 ключових CRM. Остання частина аналізує збір, стандартизацію та гармонізацію даних у Європі та зазначає обмеження щодо якості інформації; вторинні джерела CRM, такі як відходи, поки не охоплені.

- Звіт “Європейські офшорні ресурси CRM”. Звіт складається з двох основних частин. Перша включає базу даних та аналітичний звіт про основні типи морських родовищ у пан’європейських морях, а також їхні генетичні моделі, з особливим акцентом на економічно перспективні родовища, що мають значення для нових технологій і енергетичного переходу. Друга частина присвячена аналізу сучасного стану розвідки та видобутку морських ресурсів, з урахуванням регуляторних вимог, законодавства, впливу на довкілля та перспектив розвитку в міжнародному й європейському контексті.

- Атлас ресурсів CRM Європи, включно з пан’європейськими картами потенціалу та сприятливості для оншорних та офшорних ресурсів енергетично критичних та високотехнологічних елементів.

Важливим напрямом діяльності проекту GSEU є просування впровадження Рамкової Класифікації ресурсів Організації Об'єднаних Націй (UNFC) та Системи управління ресурсами Організації Об'єднаних Націй (UNRMS). Оскільки Класифікація UNFC - це універсальний інструмент для класифікації ресурсів, незалежно від їх типу.

За цим напрямком на сторінці проекту оприлюднено другу редакцію Звіту з методології та рекомендацій щодо гармонізації даних на рівні ЄС за стандартами UNFC.

Для забезпечення уніфікованого та прозорого управління ресурсами в рамках проекту створено Європейський центр передового досвіду зі сталого управління ресурсами (EU ICE-SRM), що стане центром розвитку знань і компетенцій. Центр функціонуватиме як мережа партнерів і експертів, координуючи методологічні, технічні та освітні заходи, а також підтримку відповідних баз даних.

Основні завдання центру включають встановлення спільного підходу до звітності за UNFC, розширення застосування концепцій UNFC на енергетику, водні ресурси та відходи видобувної промисловості, формування надійної мережі експертів та підтримку їх підготовки, а також забезпечення гармонізованого збору та аналізу даних.

На сторінці EU ICE-SRM постійно наповнюється база з навчальними матеріалами, що розміщені у відкритому доступі. Навчальні програми побудовані на трьох рівнях: загальні принципи (для всіх), практичні кейси (для практиків) і кваліфікація тренерів

(для підготовки викладачів). Програми спрямовані на підтримку класифікації проєктів за UNFC, створення європейських реєстрів ресурсів і забезпечення узгодженості даних про сировину. [2]

**Висновки.** Проєкт Geological Service for Europe (GSEU) формує новий етап європейської геонаукової співпраці, спрямований на створення єдиної системи управління надрами з відкритим доступом до гармонізованих геологічних даних.

Напрямок «Мінеральна сировина» передбачає оцінку оншорних і офшорних ресурсів критичної сировини, включно з відходами гірничих виробництв. Впровадження стандартів UNFC уніфікує оцінку ресурсів і забезпечує спільну мову для науки, промисловості та державних інституцій різних країн. Європейський центр передового досвіду EU ICE-SRM забезпечує розвиток знань і компетенцій, гармонізацію даних та підготовку експертів.

GSEU закладає основу для прозорого й науково обґрунтованого управління ресурсами, підтримуючи сталий розвиток, енергетичний перехід та підвищення ресурсної незалежності Європи.

Україна як активний учасник цього проєкту отримує змогу адаптувати власні методології до європейських стандартів, посилити міжнародну співпрацю та інтегруватися у спільний геологічний простір Європи.

#### **Список використаних джерел:**

- 1) Hollis, J., Calcagno, P., Bertrand, G., de Oliveira, D., Negrel, P., Díaz-Martínez, E., La Vigna, F., Poyiadji, E., Tonné, N., van Heteren, S., Dakin, N., Hinsby, K., van der Keur, P., Siddiqi, G., Čárová, D., & Pizzocolo, F. (2024). A Geological Service for Europe – building trust through interdisciplinary and intersectoral collaboration. *European Geologist*, 57. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12205679>
- 2) Geological Service for Europe. Офіційний сайт проєкту. <https://www.geologicalservice.eu/about-us>
- 3) A Geological Service for Europe – Empowering sustainability through subsurface data and knowledge. Позиційний документ. <https://eurogeosurveys.org/agseupaper/>
- 4) Спілка геологів України. Проєкти. Офіційний сайт. <https://geologists.org/ua/projects>
- 5) 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>

## **СУЧАСНІ АСПЕКТИ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ НАФТОГАЗОВОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ**

*Бабчук Д. М.*

*ННІ «Інститут геології» Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
Київ, [dbm.dimon@gmail.com](mailto:dbm.dimon@gmail.com)*

*The author considers some aspects of the current state of regulatory and legal regulation and functioning of the oil and gas complex of Ukraine.*

*Today, in the context of military aggression by the Russian Federation, improving the regulatory framework and functioning of the oil and gas complex is of extremely important strategic importance, namely, ensuring the security of the state in strategically important resources, sustainable economic and social growth, as well as taking into account the requirements for improving domestic legislation in line with European Union legislation.*

### **MODERN ASPECTS OF REGULATORY AND LEGAL REGULATION OF THE OIL AND GAS COMPLEX OF UKRAINE**

*Babchuk D. M.*

**Вступ.** Актуальність дослідження, присвяченого нормативно-правовому регулюванню нафтогазового комплексу України, набуває особливого значення в умовах повномасштабної агресії РФ та стратегічного курсу держави на європейську інтеграцію. Нафтогазовий сектор є не лише критично важливою галуззю економіки, що забезпечує функціонування промисловості та життєдіяльність населення, але й ключовим елементом системи національної енергетичної безпеки.

Після набуття Україною статусу кандидата в члени Європейського Союзу, питання гармонізації національного законодавства з актами у сфері енергетики стало невідворотним пріоритетом. Це вимагає не лише перенесення європейських директив, але й глибокої системної перебудови внутрішніх механізмів ліцензування, користування надрами, функціонування ринків газу та нафтопродуктів.

Таким чином, **метою** цієї роботи є аналіз сучасного стану нормативно-правового регулювання нафтогазового комплексу України, визначення основних викликів, спричинених воєнним станом та інтеграційними процесами, а також обґрунтування пріоритетних напрямків його вдосконалення з урахуванням європейських стандартів та забезпечення національних інтересів.

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення.** Окремі аспекти новацій та перспектив розвитку нафтогазового права та виокремлення нафтогазового права як комплексної галузі права широко висвітлено в працях Р. Кіріна (*Кірін, 2024*). Питання, проблеми та перспективи вдосконалення правової системи України до права ЄС та необхідність впровадження Україною міжнародних угод відмічали різні вчені, серед яких: В. Г. Буткевич, М. В. Буроменський, А. С. Довгерт, О. В. Задорожний, В. І. Кисіль.

На думку автора значна частина наукових праць, присвячених регулюванню енергетичного сектору зосереджувалася переважно на питаннях лібералізації нафтогазового ринку та реформування системи надрокористування. Однак, **наукова проблема**, яку автор публікації намагається висвітлити, полягає у відсутності осмислення новітніх аспектів регулювання нафтогазового комплексу, що виникли та будуть проявлятися внаслідок одночасного впливу воєнного стану та прискорених євроінтеграційних процесів. **Актуальність** її вирішення зумовлена нагальною потребою у формуванні стабільної та прозорої правової бази, здатної забезпечити стійкість енергетичного сектору, мінімізувати інфраструктурні ризики та створити сприятливий інвестиційний клімат для відбудови та розвитку вітчизняного видобутку.

**Виклад основного матеріалу. Огляд нормативно-правового забезпечення НГК.** Нормативно-правове регулювання нафтогазового комплексу охоплює сукупність законів, підзаконних актів, міжнародних угод та інших нормативних документів, що визначають правові засади діяльності у сфері видобутку, транспортування, переробки та реалізації нафти й газу.

До законодавчих актів слід віднести Конституцію України, Кодекс України про надра, Бюджетний кодекс, Податковий кодекс та закони в сфері надрокористування. Підзаконні нормативні акти, що представлені у вигляді указів, постанов, наказів, розпоряджень та інших відомчих нормативно-правових актів.

Відповідно до законодавчої ініціативи правове регулювання використання надр забезпечується системою державних інституцій. Відповідно до своїх повноважень кожен суб'єкт законодавчої та нормативно-правової ініціативи видає відповідні нормативно-правові акти в сфері геологічного вивчення, використання та охорони надр (Балега, 2019).

Виділимо ієрархічну структуру та аспекти правового регулювання та законодавчого забезпечення функціонування НГК України.



Рис. 1. Ієрархічна будова правового регулювання НГК (за власними даними автора)

Фундаментальні положення щодо визначення надр як об'єктів власності Українського народу закріплено статтею 13, 14 Конституції України (Конституція України, 1996). Слід зазначити, що відповідно до Конституції, здійснення від імені народу України виключних майнових прав надано органам державної влади та органам місцевого самоврядування в межах їх повноважень, визначених законодавчо.

Базові положення надрокористування та основними законами України, що регулюють сферу НГК є: **Кодекс України про надра** – визначає порядок користування надрами, видачу спеціальних дозволів, охорону та відновлення ресурсів; **Закон України "Про нафту і газ"** – регулює питання розвідки, видобутку, транспортування, зберігання та використання нафти й газу; **Закон України "Про ринок природного газу"** – забезпечує функціонування ринку газу відповідно до європейських норм, визначає принципи діяльності постачальників і споживачів; **Закон України "Про угоди про розподіл продукції"** – регулює порядок укладання угод між державою та інвесторами щодо розробки родовищ; **Закон України "Про альтернативні види палива"** – стимулює розвиток альтернативних джерел енергії.

Наступним аспектом здійснення регулювання є *сфера ліцензування та надання дозволів* на розробку, видобуток, транспортування, зберігання, переробку та реалізації нафти та газу. Питання надання спеціальних дозволів на користування надрами та процедура продовження строку його дії, переоформлення, видачі дубліката, зупинення дії чи анулювання дозволу та внесення до нього змін визначає Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку надання спеціальних дозволів на користування надрами» (Постанова КМУ про затвердження Порядку надання

спеціальних дозволів на користування надрами, 2011), Закон України «Про угоди про розподіл продукції».

Ліцензування та дозвільна система реалізується через Постанову Кабінету Міністрів України № 615 визначає порядок надання спеціальних дозволів на користування надрами та Державну службу геології та надр України, яка здійснює видачу ліцензій на розвідку та видобуток вуглеводнів.

До питання аспектів фінансового регулювання діяльності в сфері НГК відноситься оподаткування та рентні платежі. Фінансове забезпечення щорічно визначається Законом України «Про державний бюджет» на відповідний рік та наказами головного розпорядника коштів, Міністерства екології та природних ресурсів, «Про затвердження паспорту бюджетної програми 2404020 «Розвиток мінерально-сировинної бази» (Балега, 2019).

Платність надання надр у користування окремо визначено Податковим кодексом України (Податковий кодекс України, 2010), що регулює відносини у сфері справляння рентної плати за користування надрами, порядок її адміністрування, платників, їх права та обов'язки, компетенцію контролюючих органів. Розподіл рентної плати за користування надрами за рівнями бюджетів (державний та місцевий) визначено Бюджетним кодексом.

Надзвичайно важливим аспектом правового регулювання функціонування НГК є прийняття норм екологічної безпеки, що покликані регулювати відносини та забезпечити екологічно безпечні умови праці та експлуатації обладнання на виробництві з одного боку та органами місцевого та державного регулювання, що обираються громадянами громад або країни в цілому, як основних власників ресурсів.

Екологічне регулювання забезпечується: Законом України "Про охорону навколишнього природного середовища" зобов'язує компанії дотримуватись екологічних стандартів та Законом України "Про оцінку впливу на довкілля" – вимагає проходження екологічної експертизи перед початком видобутку.

Аспект інституційного формування державних органів влади, покликаних здійснювати законодавчі та регулятивні функції, визначаються та регулюються рядом законів, постанов, розпоряджень, указів та наказів. Що в цілому регулюють функціонування державних інституцій в сфері надрокористування та їх компетенції. Міністерства екології та природних ресурсів визначається як центральний орган виконавчої влади у системі органів виконавчої влади, що забезпечує і формує державну політику у сфері охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки, його завдання та повноваження визначені Постановою Кабінету Міністрів України «Про затвердження Положення про Міністерство екології та природних ресурсів України».

**Основними контролюючими та інституційними органами, що здійснюють регулюючу функцію у сфері надрокористування та НГК є:** Міненерго – визначає політику в галузі енергетики; НКРЕКП – регулює тарифи на транспортування та розподіл газу; Держгеонадра – видає дозволи на користування надрами; Держекоінспекція – здійснює екологічний контроль.

Особливе місце потрібно виділити законодавчому регулюванню розвитку мінерально-сировинної бази, що визначено та закріплено в Законі України «Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року».

**Міжнародно-правове регулювання та інтеграція до ринку ЄС.** Правове регулювання нафтогазового комплексу в Україні здійснюється на основі міжнародних договорів, угод та стандартів, що регулюють енергетичну безпеку, інвестування, видобуток, транспортування та екологічні вимоги до нафтогазового сектора.

У зв'язку із прийнятою Угодою про асоціацію з ЄС, наступним надзвичайно важливим аспектом є реформування сектору відповідно до норм європейського законодавства. Міжнародне правове регулювання нафтогазового комплексу України

базується на інтеграції до енергетичного ринку ЄС, виконанні вимог міжнародних угод та впровадженні екологічних стандартів, що регулюють енергетичну безпеку, інвестування, видобуток, транспортування та екологічні вимоги до нафтогазового сектора, що сприяє відкритості ринку, залученню інвестицій та зміцненню енергетичної безпеки.

**Міжнародне регулювання в Україні імплемтується через:**

1. **Міжнародні угоди та організації:** Договір до Енергетичної хартії (ECT), Угода про асоціацію з ЄС, Європейське енергетичне співтовариство, Конвенція ООН з морського права (UNCLOS), Паризька угода (2015 р.)

2. **Міжнародні стандарти:** Директива 2009/73/ЄС – про загальні правила ринку природного газу; Директива 94/22/ЄС – про надання дозволів на розвідку та видобуток нафти й газу; Регламент (ЄС) №715/2009 – про умови доступу до газотранспортних мереж.

3. **Екологічні вимоги:** Виконання умов Кіотського протоколу та Паризької угоди; Використання стандартів ISO 14001 щодо екологічного менеджменту; Контроль за викидами метану та CO<sub>2</sub> в рамках міжнародних кліматичних ініціатив.

Висновки та Рекомендації. Проведений аналіз сучасних аспектів нормативно-правового регулювання нафтогазового комплексу (НГК) України свідчить про його незавершений етап трансформації. Ключовий висновок полягає в тому, що нормативно-правова база функціонування та інституційного забезпечення НГК в цілому сформована та містить елементи лібералізації та гармонізації з європейськими нормами, але виявилася недостатньо стійкою до викликів повномасштабної агресії РФ та не повністю відповідає вимогам прискореної інтеграції до енергетичного ринку ЄС. На думку автора основна проблема полягає у структурному розриві між стратегічними цілями (членство в ЄС та енергетична стійкість) і практичними механізмами їх досягнення, що вимагає негайного вдосконалення як нормативної, так і інституційної складових НГК.

Для забезпечення стійкості, прискорення європейської інтеграції та залучення інвестицій у відбудову та розвиток нафтогазового комплексу України, пропонуються наступні рекомендації, згруповані за двома основними векторами.

**1. Нормативно-правова складова**

1. **Прискорена імплементація *acquis communautaire*:** Завершити повну імплементацію всіх положень Третього енергетичного пакета, а також Директиви 2009/73/ЄС щодо спільних правил для внутрішнього ринку природного газу та Регламенту REMIT щодо прозорості та добросовісності оптових енергетичних ринків.

2. **Забезпечення інвестиційної стабільності (*Lex Specialis*):** Ухвалити спеціальний закон або внести зміни до Кодексу про надра, які б гарантували стабільність інвестиційного режиму для стратегічних проєктів у сфері видобутку.

3. **Перегляд правового режиму надкористування в умовах війни:** Розробити тимчасові або постійні правові механізми, які спрощують процедури продовження дії ліцензій та отримання дозволів на розвідку/видобуток на територіях, що постраждали від бойових дій або були деокуповані.

**2. Інституційна складова**

1. **Посилення незалежності та повноважень Регулятора:** Зміцнити інституційну та фінансову незалежність НКРЕКП відповідно до найкращих європейських практик (ACER). Це включає забезпечення прозорої процедури призначення членів, захист від політичного тиску та надання повноважень для ефективного контролю.

2. **Удосконалення корпоративного управління:** Завершити реформу корпоративного управління в державних компаніях НГК (зокрема, НАК "Нафтогаз України") шляхом формування незалежних наглядових рад відповідно до принципів ОЕСР та Закону "Про корпоративне управління", забезпечуючи повну прозорість фінансової діяльності та операцій із закупівлі/продажу газу.

**3. Цифровізація та прозорість:** Розширити функціонал єдиної електронної платформи з надрокористування та забезпечити публічний доступ до всіх даних, що не становлять державної чи комерційної таємниці.

Впровадження цих рекомендацій дозволить Україні не лише ефективно адаптувати свій нафтогазовий сектор до вимог ЄС, але й створити необхідні правові та інституційні передумови для відновлення та прискореного розвитку власного видобутку. Це, своєю чергою, є критично важливим для зміцнення енергетичної стійкості, забезпечення національної безпеки та успішної інтеграції України у єдиний європейський енергетичний простір.

**Список використаних джерел:**

Балега А. В. Мінерально-сировинна політика і планування геологічного вивчення надр в умовах асоціації з ЄС: дис. канд.геол.наук 04.00.19; Київський національний університет ім. Т. Шевченка. Київ. – 2019. – С. 203.

Бюджетний кодекс України. (2010). Отримано 27 лютого, 2025, із <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-17>

Закон України про державну геологічну службу України. (1999). Отримано 27 лютого, 2025, із <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1216-14>.

Закон України про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року. Отримано 27 лютого, 2025, із <https://zakon.rada.gov.ua/laws/card/3268-17>.

Закон України про угоди про розподіл продукції. (1999). Отримано 27 лютого, 2025, <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1039-14>

Кірін, Р. (2024). Поняття нафтогазового права. Law. State. Technology, 3, 29–40, doi: 10.32782/LST/2024-3-6

Конституція України. (1996). Отримано 27 лютого, 2025, із <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80>.

Податковий кодекс України. (2010). Отримано 27 лютого, 2025, із <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17>.

Постанова Кабінету Міністрів України про затвердження Положення про Міністерство екології та природних ресурсів України. (2015). Отримано 27 лютого, 2025, із: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/32-2015-%D0%BF>.

Постанова Кабінету Міністрів України про затвердження Порядку надання спеціальних дозволів на користування надрами. (2011). Отримано 27 лютого, 2025, із <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/615-2011-%D0%BF>.

## **ГЕОХІМІЧНИЙ ТА МІНЕРАЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗИ КЕРАМІЧНИХ ВИРОБІВ З МЕТОЮ ЇХ СОРТУВАННЯ**

*Бельський В.М.<sup>1</sup>, Дергай А.С.<sup>2</sup>, Корохіна А.В.<sup>3</sup>, Канунікова Л.І.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН  
України, Київ, Україна, [belskyi\\_vm@ukr.net](mailto:belskyi_vm@ukr.net)*

<sup>2</sup>*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, факультет  
археології, Київ, Україна, [tema.drga@gmail.com](mailto:tema.drga@gmail.com)*

<sup>3</sup>*Leibniz Institute for the History and Culture of Eastern Europe, Leipzig, Germany,  
[a.v.korokhina@gmail.com](mailto:a.v.korokhina@gmail.com)*

*The paper presents the results of microprobe analysis (EDS) of fragments of Bronze Age ceramic products from the Kaniv location. The chemical composition of the ceramic dough was determined and the mineral composition of the descriptors was identified. Accessory and hypogene minerals of clays were also studied. Five ceramic samples and five individual samples were distinguished based on the difference in the chemical composition of clays and mineral content.*

## **GEOCHEMICAL AND MINERALOGICAL ANALYSIS OF CERAMIC PRODUCTS FOR THE PURPOSE OF THEIR SORTING**

*Belskyi V.M., Derhay A.S., Korokhina A.V., Kanunikova L.I.*

**Вступ.** Упродовж 1957-1972 рр. експедицією КНУ імені Тараса Шевченка за участі Інституту археології проводилися археологічні дослідження ряду селищ-поселень відкритого типу в районі Канева, що утворюють однойменне гніздо пам'яток, культурні шари яких визначаються як приналежні доби ранньої та середньої бронзи. Відкриті поселення розміщуються на Канівських дислокаціях, що досліджуються геологічно та археологічно від II пол. XIX ст. Тут виявлено шерег різночасових поселень, зокрема доби бронзи. Важливими для розуміння культурно-історичних процесів цього часу є пам'ятки середньодніпровської культури. Серед них на сьогодні в межах дислокацій – Канів I-V (Ісковщина, Підніжжя Великого скіфського городища, Княжа Гора, Пилипенкова гора, Бабенківська Левада), Пекарі II-V (Городки, Висока гора-Цегельня, Низька гора, Городки), Селище I-IV (Середня гора, Приліз, Бабина гора, Бугаєве, Дідів шпиль), Хмільна I-II (с. Хмільна, с. Хутір-Хмільна, ур. Дубрівка) (Бондарь, 1974). Ці поселення були розділені М. М. Бондарем на 2 хронологічні групи – старшу та молодшу. Кераміка обох груп відмінна як за ступенем випалу, так і, меншою мірою, за морфологією. Цей поділ простежується в техніці обробки керамічного тіста та його підготовки, яка переважно бралася поруч з поселенням.

Під час археологічної розвідки, проведеної Пороською експедицією під керівництвом Т. С. Пассек на ряді пам'яток доби енеоліту-бронзи (Кононча, Хмільна, Пекарі, Грищенці) було відзначено геологічні структури, над якими залягали культурні шари: підморенні піски, сіро-білі піски бучацького ярусу, зелені піски канівського ярусу, глини юрського часу (Пассек, 1949). Культурний шар доби бронзи порушений пізнішими поселеннями раннього залізного віку. Постала необхідність залучення міждисциплінарного підходу, а саме мінералого-геохімічного вивчення зразків кераміки.

Як відомо для зменшення усадки, запобігання тріщинам та надання кераміці більшої міцності в глину додавали спеціальні "знежирювальні" матеріали, відомі як опіснювачі. Склад цих домішок варіюється залежно від місцевості та традицій

культури, але найпоширенішими були: пісок, дрібно товчений камінь або шамот та органічні домішки (подрібнені черепашки, товчена кістка або навіть рослинні рештки).

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Для детального вивчення керамічного тіста та можливого виділення індивідуальних ознак в ІГМР НАН України з уламків кераміки були виготовлені плоскополіровані аншлифи (21 штука), які в свою чергу досліджувались за допомогою мікрозонда, методом ЕДС. Рентгенівський мікроаналізатор JCXA733 з EDS приставкою (JEOL, Японія), умови зйомки: прискорювальна напруга 20 кВ, струм зонда 20 нА, діаметр зонда 10 мкм.

Суть метода полягала у визначенні хімічного складу глинистої матриці та ідентифікації мінералів, які в цій матриці законсервовані. Отримані результати аналізувались на індивідуальні особливості у мінералогічному та геохімічному складі.

Хімічний склад глинистої матриці визначався в декількох точках по зразку кераміки та зводився до середнього арифметичного по зразку. З метою порівняння зразків за складом глинистої матриці ми застосували метод нормування.

Для матриці обраховувалися середні значення для замірів по п'яти точках. Визначався вміст головних хімічних елементів в оксидах із долею >1% від загальної маси. Для порівняння середнього хімічного складу, ми побудували лінійні діаграми нормованих значень (рис. 1). Нормування було зроблено по середньому значенню для всіх результатів за формулою  $Y=X/AVERAGE(X1...Xn)$ , де Y – нормоване значення, X – середнє значення хімічного складу глиняної матриці для окремого зразка кераміки.

**Отримані результати, їх обговорення.** За допомогою мікрозонду легко виділити різновиди опіснювачів, а також акцесорні мінерали, що збереглися у глині (табл. 1 і 2). В більшості випадків мінерали-опіснювачі мають розмір >200 μm і представлені в усіх зразках кварцом, рідше зустрічається КППШ та плагіоклаз, ще рідше біотит та мусковіт, і лише в одному зразку виявлено ортоклаз, рогову обманку та піроксен. Дуже часто у вигляді опіснювачів трапляються органічні рештки та шамот (уламки іншої кераміки).

**Таблиця 1. Мінерали використані, як опіснювачі.**

№ аншл.	кварц	КППШ	плагіоклаз	анорто-клаз	біотит	мусковіт	рогова обманка	піроксен	органічні рештки
1	+	-	-	-	-	-	-	-	+
2	+	+	-	-	-	-	-	-	+
3	+	-	-	-	+	-	-	-	-
4	+	+	-	-	-	+	-	-	+
5	+	+	-	-	-	-	-	-	+
6	+	+	+	-	-	-	-	-	+
7	+	-	-	-	-	-	-	-	-
8	+	-	-	-	-	-	-	-	-
9	+	-	-	-	-	-	-	-	+
10	+	+	-	-	-	-	-	-	+
11	+	-	бітовніт	+	-	-	+	+	-
12	+	-	-	-	-	-	-	-	+
13	+	-	-	-	+	-	-	-	+
14	+	+sh	-	-	-	-	-	-	+
15	+	-	-	-	-	-	-	-	-
16	+	+	+	-	+	-	-	-	-
17	+	-	-	-	-	-	-	-	-
18	+	+	+	-	+	-	-	-	-
19	+	-	-	-	-	-	-	-	+
20	+	-	-	-	+	-	-	-	-
21	+	+	-	-	-	-	-	-	-

*Примітка: + присутні, - відсутні, +sh - даний мінерал виявлено у складі шамоту.*

Серед усієї вибірки унікальний склад опіснювачів присутній лише у зразку 11, не типовими тут є: бітовніт (тоді коли всі інші знахідки плагіоклазів близькі, за вмістом анортитового компоненту, до олігоклазу), анортитоклаз, рогова обманка та піроксен. Такий склад міг дати елювій по основних плутонічних породах, або вручну подрібнена сама гірська порода. Натомість хімічний склад глинистої матриці вписується до основної вибірки (рис. 1а) з чіткими позитивним піками  $P_2O_5$  і  $CaO$ , та негативним піком  $K_2O$

До акцесорних мінералів у глині ми віднесли, як стійкі до транспортування (циркон, монацит, апатит, ільменіт, рутил, гранат), так і мінерали гіпергенного походження (бертьєрин, шамозит, рабдофан, фосфорит). Серед усіх зразків по вмісту цих мінералів суттєво виділяється лише зразок №16 і то за рахунок відсутності в ньому гідросилікатів заліза таких як шамозит чи бертьєрин, які є ознакою прибережно-морського походження глини. Також цей зразок характеризується аномально високим вмістом  $K_2O$  і низьким  $TiO_2$  по відношенню до інших зразків (рис. 1f), що чітко виокремлює його із вибірки.

**Таблиця 2. Акцесорні та гіпергенні мінерали в глині**

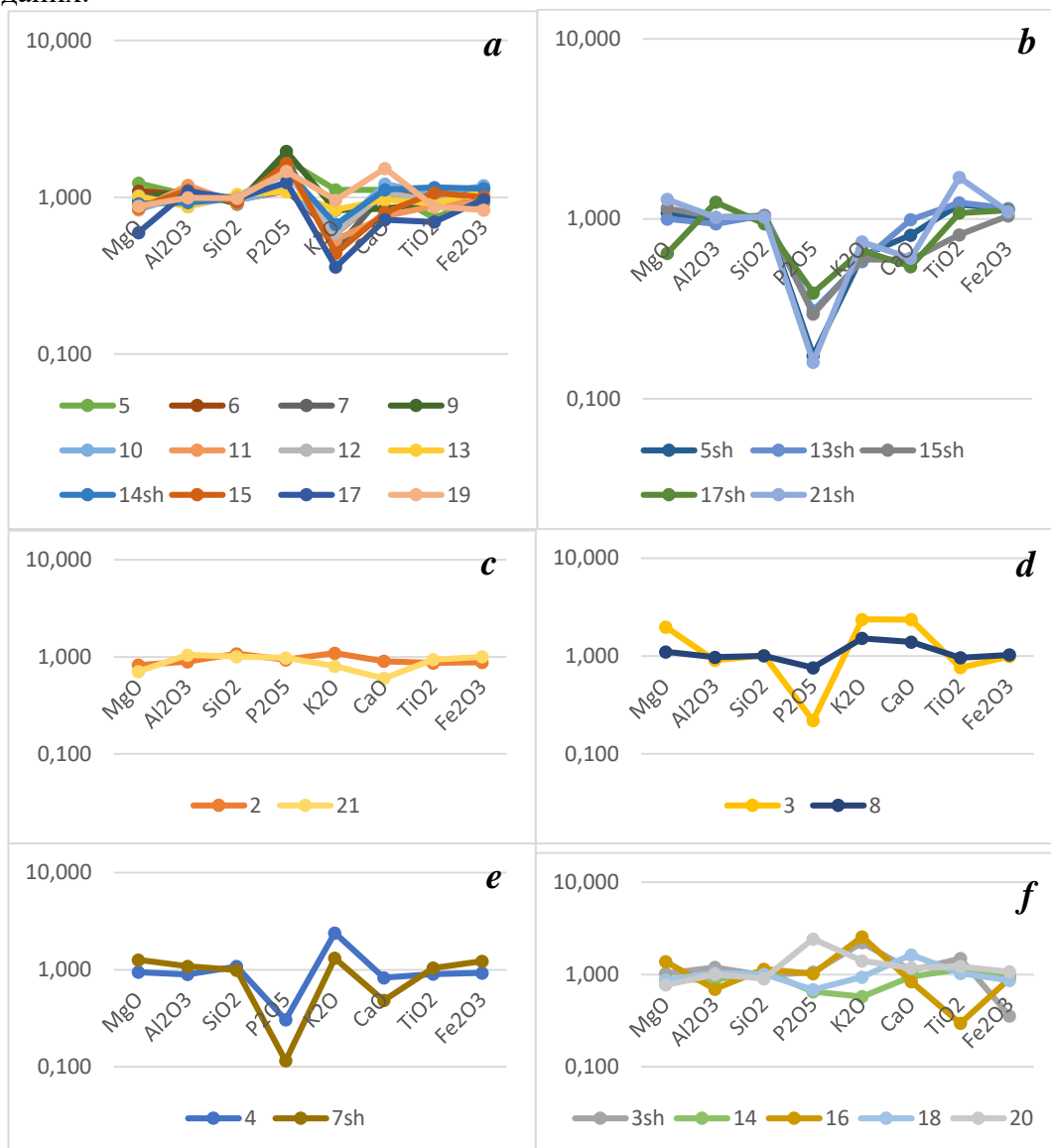
№ аншл.	бертьєрин/ шамозит	цир- кон	монацит/ рабдофан	цері- аніт	апа- тит	фос- форит	титано- магнетит	ільме- ніт	ру- тил	ба- рит	гра- нат
1	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-
2	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-
3	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-
4	+	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-
5	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-
6	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-
7	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-
8	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-
9	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-
10	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-
11	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-
12	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-
13	+	+	-	+	+	+	-	+	-	-	-
14	+	-	-	-	-	-	-	+	+sh	-	-
15	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
16	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+
17	+	+	+	-	-	+	-	+	-	-	+
18	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-
19	+	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-
20	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-
21	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-

*Примітка: + присутні, - відсутні, +sh - даний мінерал виявлено у складі шамоту.*

Побудовані за результатами мікрозондового аналізу глинистої матриці, нормативні криві в залежності від їхньої поведінки групувалися в окремі вибірки (рис. 1). До найбільшої вибірки увійшли 12 зразків (рис.1а), до наступної за значимістю – 5 (рис. 1b), ще три вибірки містять по дві криві (рис. 1c,d,e) і п'ять зразків за своїм хімічним складом відрізняються між собою та від інших вибірок (1f).

Найбільша вибірка характеризується позитивними піками  $P_2O_5$  і  $CaO$ , та негативним піком  $K_2O$  (рис. 1а). Високий вміст фосфору та кальцію, на нашу думку вказує на морське походження глини. Вибірка із чіткими негативними піками  $P_2O_5$ ,  $CaO$  і  $K_2O$  представлена п'ятьма зразками глинистої матриці із шамоту (рис. 1b). Ми вважаємо, що в даному випадку була використана глина елювіального походження. Для

пояснення інших вибірок необхідні більш детальні дослідження та створення обширної бази даних.



*Рис. 1. Вибірки зразків кераміки за схожою поведінкою кривих нормованих значень хімічного складу керамічного тіста. **a** - виразні позитивні піки  $P_2O_5$  і  $CaO$ , та негативний пік  $K_2O$ ; **b** – чіткі негативні піки  $P_2O_5$ ,  $CaO$  і  $K_2O$ ; **c** – лінії без виразних відхилень; **d** - виразні негативний пік  $P_2O_5$  та позитивні піки  $CaO$  і  $K_2O$ ; **e** - позитивний пік  $K_2O$  при негативних  $P_2O_5$  та  $CaO$ ; **f** – криві, які не схожі між собою та на жодну з вище згаданих вибірок. Цифра із позначкою *sh* присвоювалась аналізу керамічного тіста шамоту.*

**Висновки.** Застосування геологічних методів дослідження в археології, в тому числі мікрозондового аналізу керамічних виробів, дозволяє сортувати їх за мінералогічними та геохімічними ознаками. При умові створення обширної бази даних з результатами таких досліджень відкриваються можливості прив'язувати керамічні вироби до родовищ сировини, також можна буде робити висновки про культурні та торгові взаємодії стародавніх суспільств.

**Список використаних джерел:**

Бондарь Н. Н. [1974] Поселения каневской группы / Поселения Среднего Поднерповья эпохи ранней бронзы. Киев: Вища школа. С. 12-91  
 Пассек Т. С. [1949] Пороська археологічна експедиція 1945 р. АП УРСР, Том I. Київ: Видавництво АН УРСР, 1949. С. 209-221.

## ОСОБЛИВОСТІ СЕДИМЕНТАЦІЇ ТА ПЕТРОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВІДКЛАДІВ КАНИЛІВСЬКОЇ СЕРІЇ ВЕРХНЬОГО ВЕНДУ В МЕЖАХ ГОРИНСЬКОЇ СФЗ

Білецький О.Л., Павлова О.О.

Інститут геологічних наук НАН України, Київ, [biletskyi.ol@gmail.com](mailto:biletskyi.ol@gmail.com),  
[pavlovagelena@gmail.com](mailto:pavlovagelena@gmail.com)

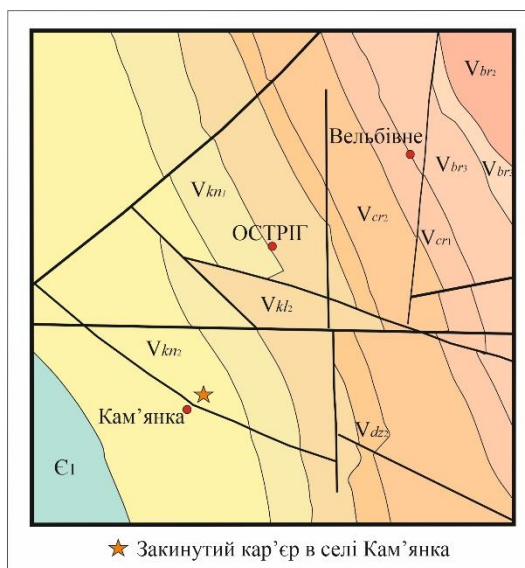
*The authors examined the stratotype section of Upper Vendian Kanilovo Group deposits near the village of Kamenka within the Gorinskaya structural-facies zone. The bedding patterns of the siltstones and sandstones of this group, as well as their petrographic features, were identified. Lateral variations in bed thickness, the presence of thin, non-parallel intralayer bedding, and redeposition of interlayer material were found to indicate the influence of climatic factors due to short-term changes in sediment formation conditions. Deluvial-proluvial wash-offs from nearby territories occasionally penetrate into the sedimentation basin, changes in the speed and power of bottom currents occur, and storm precipitation (the “episodes” of the Kanilovo period) occurs. Tectonic reorganization of the area led to changes in the sources of detrital material and the depth of the sedimentation basin, which affected the composition of parasteresis fragments and minerals in the middle part of the series section.*

## FEATURES OF SEDIMENTATION AND PETROGRAPHIC CHARACTERISTICS OF THE KANILIVA SERIES OF THE UPPER VENDIAN DEPOSITS WITHIN THE BOUNDARIES OF THE GORYNKA SFZ

*Biletskyi O.L., Pavlova O.O.*

**Вступ.** Канилівська серія належить до верхньої частини неопротерозойського розрізу Волино-Подільської плити та є одним із ключових стратиграфічних комплексів, що відображає пізньоедіакарські осадові процеси на південно-західній окраїні Східноєвропейської платформи. Її вивчення має важливе значення для реконструкції палеогеографічних умов, зокрема трансгресивно-регресивних циклів, динаміки басейнів осадконакопичення та характеру взаємодії морських і континентальних середовищ у передкембрійський час.

**Аналіз попередніх досліджень.** Попередніми дослідженнями, протягом майже



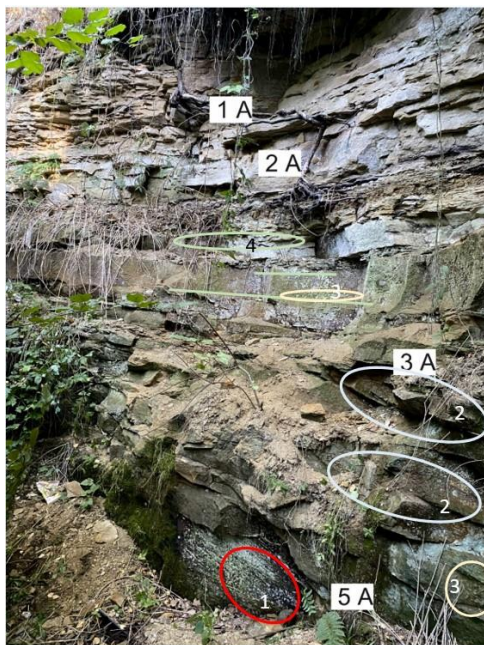
200 років, в яких брали участь більше 40 відомих дослідників, цитованих в геологічній літературі, були встановлені фації канилівської серії, які мають циклічний характер і які характеризують стабільний стан басейну осадконакопичення в умовах компенсованого прогинання на відміну від формування могилів-подільської серії із спрямованою зміною умов (Шехунова та ін. 2018). За передвоєнне півстоліття ряд дослідників (Заїка-Новацький, Великанов, Коваль, 1968; Коренчук, 1980-1981; Кирьянов, 1993; Кір'янов, 2006; Іванченко, 2007; Великанов, 2009 та ін.) виділили головні принципи стратиграфічного поділу рифею України та визначення об'єму складових відкладів венду – могилів-подільської та

Рисунок 1. Фрагмент геологічної карти з нанесенням закинутого кар'єру с. Кам'янка

канилівської серії. Вони зазначали, що модернізація стратиграфії венду України має велике світове наукове значення. Проте багато седиментаційних та палеонтологічних аспектів для вендських відкладів і канилівських, зокрема, залишилися недовивченими. Власне цьому й присвячена дана робота.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Авторами був досліджений стратитиповий розріз верхнього венду та відібрані зразки порід в закинутому кар'єрі с. Кам'янка (рисунок 1). Мікроскопічні дослідження виконані в Інституті геологічних наук НАН України (ІГН) та в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України (ІГМР). Вивчення прозорих шліфів та фотофотофіксація складу та структурно-текстурних елементів відбувалося за допомогою оптичного поляризаційного мікроскопу Carl Zeiss Axio Imager 2 for materials.

**Отримані результати, їх обговорення.** Канилівська серія в межах Горинської структурно-фаціальній зоні залягає з розмивом на відкладах могилів-подільській серії пізнього венду (Веліканов, 2009). Вона перекрита рівненською світою балтійської серії нижнього кембрію (Стратиграфія..., 2013). За своїм положенням в розрізі верхньоканилівська товща зіставляється із студеницькою світою Поділля (Веліканов, 2009). При проведенні робіт з глибинного геологічного картування канилівську серію розділяли на дві товщі (ритми) нижню та верхню, пізніше - на раківську та житнівську (Стратиграфія..., 2013). Результатом дослідження розрізу порід канилівської серії, розкритого кар'єром біля с. Кам'янка, стала фіксація наступних елементів шаруватої товщі: неритмічне чергування дрібно- та тонкозернистих пісковиків з алеропісковиками, алевролітами та аргілітами. Загальний вигляд стінки кар'єру з відповідним розрізом приведений на рисунку 2.



**Рисунок 2.** Загальний вигляд стінки кар'єру з позначенням місць відбору проб для зразків шліфів, позначені білими квадратами)

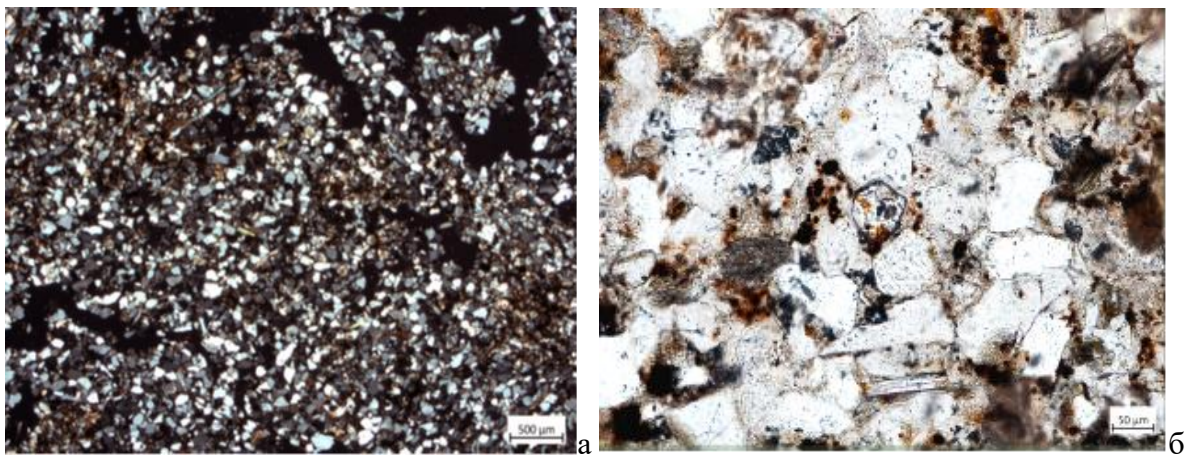
Знизу вгору спостерігаються:  
3,80-2,60 м – пісковики жовто-сірі дрібнозернисті до тонкозернистих, шаруваті, по площинах нашарування тріщинуваті, у покрівлі сірі з ледь помітним зеленим відтінком;  
2,60-2,68 м – прошарок алевроліту жовто-сірого кольору, тонкошаруватого, сильно вивіреного, прошарок деформований пісковиком, що залягає вище;  
2,68-2,13 м – пісковик жовто-сірий до рудого, масивний, тонкозернистий;  
2,13-2,05 м – аргіліт сіро-зелено-жовтий, тонкошаруватий, сланцюватий сильно вивірений;  
2,05-1,85 м – алевропісковик жовто-сірий, по площинам нашарування збагачений лусочками слюди;  
1,85-1,53 м – алевроліти та аргіліти сильно вивірені, жовто-сірі зеленувато-сірі тонкошаруваті, слюдисті у покрівлі з включенням, можливо, вулканокластичного матеріалу або марганцевооксидних журавчиків.  
1,53-0,40 м – алевропісковики, алевроліти світло-жовто-сірі, тонкоплитчасті, по площинах сланцюватості - тріщинуваті та збагачені лусочками слюди, внутрішня текстура косошарувата по відношенню до сланцюватості.  
0,40-0,00 м – ґрунтово-рослинний шар.

**\*Примітка.** На фотографії відслонення світлими овалами позначені ділянки де виявлені овальні формують внутрішньопластові елементи в пісковиках, можливо, біоморфного походження (по м'якотілим Metazoa), які потребують

додаткового поглибленого вивчення. Червоним овалом позначена ділянка пісковика з чіткою косою шаруватістю.

Виконані мікроскопічні дослідження пісковиків та алевро-пісковиків показали наступне.

В верхах розрізу [1] – алевро-пісковики та пісковики неоднорідні за гранулометриєю і змінюються по латералі від дрібнозернистих (0,1-0,15 мм) до середньо-крупнозернистих (0,3-1,2 мм) з хвилясто-шаруватою і сланцюватою текстурою та плитчатою окремістю. За складом вони аркозові з переважанням польових шпатів над кварцом, а плагіоклазу над мікрокліном. Додаткові мінерали представлені деформованими лусками біотиту (різного ступеня збереженості) та мусковітом. Спостерігаються зерна кластогенного гранату. Польові шпати являють собою суміш майже повністю звивітрелих зерен уламкової форми та «свіжих», не змінених кластичних зерен. За формою зерна кварца поділяються на три типи: овальні подовжені; подовжені скольчаті, гострокутні; ізометричні гострокутні. Подовжені форми орієнтовані в одному напрямку і створюють хвилясто-шарувату текстуру породи. Слюди облямовують зерна детриту, деформуються та розщеплюються. Ділянки піщаного осаду, які вони покривають при осадженні є тонкими за потужністю, а в розрізі представлені слюдистими прошарками, що сприяють розвитку плитчатої окремісті. Цемент пісковиків – каолінітовий з суттєвою домішкою гідроокислів заліза. Він оконтурює уламкові зерна, створюючи синседиментаційний облямівочний тип цементації, нерідко між зернами утворюючи вільні пори. Такий тип слюдистого тонкошаруватого пісковика міг сформуватися при слабкій динаміці водного середовища, що епізодично змінювалася за інтенсивністю. Характер детритового матеріалу, що нерівномірно розподілявся по латералі, навіть в межах десятків метрів і змінювався по розрізу в часі, вказує, як мінімум, на два джерела постачання матеріалу – 1) перемив ранніх верств осадків або 2) делювіально-пролювіальний змив із суходолу кори хімічного вивітрювання гранат-вмісних гранітоїдів та продуктів фізичного вивітрювання гнейсів.



**Рисунок 3.** Фрагмент шліфа алевропісковика з верхньої частини розрізу канилівської серії [1А] а- аналізатор введений, б- без аналізатора.

В низах розрізу [5]– спостерігаються подібні вище зазначеним за гранулометриєю та складом тонко-дрібнозернисті аркозові пісковики та алевро-пісковики з розміром уламків від 0,05 до 0,24 мм (переважають зерна 0,1-0,16 мм в діаметрі). Уламкові зерна в більшості мають ізометричну, багатокутну форму, рідше – подовжену. Зерна переважно гострокутні, необкочені. Проте іноді спостерігаються овальні. Теригенні уламки, що складають 73% об'єму пісковиків представлені польовими шпатами, продуктами їхнього вивітрювання, кварцом, зернами кременистих порід (мікрокварцитами, яшмами, кременями, халцедонолітами різного походження), лусками слюд алотигенного походження (мусковітом, біотитом, хлоритом,

гідрослюдою). Поряд з цими мінералами в акцесорній кількості присутні детритові зерна циркону, монациту, турмаліну, гранату, апатиту. Спостерігаються й вуглисті рештки. Цемент породи залізо-глинистий смектит-каолінитовий. В його склад також входять: пеліканіт, сульфід, шамозит, глауконіт, колофан, а також пелітовий матеріал їх тонкого перетирання. Це все складає міжзерновий матрикс, що формує облямівочний тип цементації особливо при конформному приляганні зерен між собою, на більш розуцільнених міжгрудкових ділянках – відкритий поровий тип виповнення, що змінюється неповним поровим на стику трьох і більше зерен. В середині розрізу до означених складових компонентів додається також кордієрит та кордієфагіт, що може свідчити про зміну напрямку міграції уламкових компонентів та джерел постачання у зв'язку із проявами блокової тектоніки.

**Висновки.** Підсумовуючи результати виконаних досліджень, можна зробити наступні висновки. Пісковики канилівської серії характеризуються пластово-лінзоподібним субгоризонтальним заляганням із змінною потужністю, в окремих пластах із елементами потокової (однонаправленої) косої шаруватості. Поверхні пластів нерівні, бугристі. Міжпластові алевро-аргіліти складені неупорядкованою тонкопластинчастою жорсткою, що вказує на перевідкладання вже частково консолідованого алевро-мулового осаду. Така зміна потужностей пластів та наявність продуктів перемивання осадків свідчить, швидше за все, не про тектонічну циклічність, а про вплив кліматичних факторів з короткочасною зміною умов формування осаду, що епізодично виникають в басейні накопичення осаду (делювіальні змиви з прилеглих територій, шторміти, нагонні потоки тобто «епізодити») в канилівський час. Зміна складу уламкового парастерезису свідчить про тектонічну перебудову у цей час із зміною джерел постачання уламкового матеріалу та глибини басейну.

Тому, наступна деталізація при вивченні опорного розрізу відкладів канилівської серії як традиційними, так і новітніми методами (використанням електронної мікроскопії, як речовинного складу осадків, так і викопних решток, встановлення палеонтологічних та мінералогічних парастерезисних асоціацій, притаманних цій серії, уточнення об'єму та границь серії, а також площі її розповсюдження) внесе значний вклад. Як приклад – проведені дослідження едіакарію Подільського виступу (Шехунова, та ін. 2016-2022).

#### **Список використаних джерел:**

- Веліканов В.Я. [2009] Проблемні питання стратиграфії венду України // Геол.журн.- №3.- С.7-13
- Гожик П.Ф. (ред.) [2013] Стратиграфія верхнього протерозою та фанерозою України. – К.: ПН НАН України, Логос. – Т. 1. – 126 с.
- Гурський Д.С., Круглов С.С. (ред.) [2007] Тектонічна карта України. Масштаб 1:1 000 000. Пояснювальна записка. – Міністерство охорони навколишнього середовища України, Державна геологічна служба. – К.: УкрДГРІ. – 132 с.
- Шехунова С.Б., Стадніченко С.М., Палій В.М., Пермяков В.В. [2016] Наноструктури вендських та альб-сеноманських фосфоритів Придністров'я // Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України. – Т. 9. – С. 190–201. – <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2016.144875>
- Шехунова С.Б., Стадніченко С.М., Палій В.М., Пермяков В.В., Гудзенко В.В. [2018] Літогенез «калюських верств» едіакарію (венду) Поділля за результатами літолого-геохімічних досліджень // Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України. – Т. 11. – С. 129–146. – <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2018.153094>
- Шехунова С.Б., Сюмар Н.П., Мартишин А.І., Палій М.В. [2022] Опорний розріз едіакарію (венду) Подільського виступу: аналіз сучасного стану// Тези Наукової конференції «Актуальні питання стратиграфії осадових басейнів України: нові ідеї і пріоритетні напрями досліджень». Київ, 28 вересня 2022.

**ПЕТРОГРАФІЯ МАГМАТИЧНИХ ПОРІД З ОСТРОВІВ ДАНЕБРОГ  
(БЕРЕГ ГРЕЯМА АНТАРКТИЧНОГО ПІВОСТРОВА)**

*Бручко М.Р.<sup>1,2</sup>, Митрохин О.В.<sup>1,3</sup>*

<sup>1</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка,

<sup>2</sup>Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка Національної академії наук України

<sup>3</sup>Інститут геологічних наук Національної академії наук України

*The Dannebrog Islands are a small island group within the Wilhelm Archipelago, located near the Ukrainian Antarctic Station “Akademik Vernadsky”. Despite their proximity to the station, these islands remained among the least studied in terms of geology until the first systematic geological survey conducted in 2020. Fieldwork and subsequent petrographic analyses revealed that the geological structure of the islands is dominated by intrusive magmatic formations of acidic and intermediate composition. The main plutonic rocks are represented by granodiorites and quartz monzodiorites, whose textures indicate their deep-seated magmatic origin. Detailed petrographic studies refined the field classification of mafic rocks previously identified as gabbroids. Their porphyritic texture suggest a hypabyssal origin, and they are therefore redefined as gabbroic porphyrites. In addition, the presence of mafic dykes of basaltic and andesitic composition was documented. These dykes are interpreted as post-plutonic subvolcanic intrusions that penetrated the host granitoids after their complete crystallization and subsequent exhumation.*

**PETROGRAPHY OF IGNEOUS ROCKS FROM THE DANNEBROG ISLANDS  
(GRAHAM COAST OF THE ANTARCTIC PENINSULA)**

*Bruchko M.R., Mytrokhyn O.V.*

**Вступ.** Морська акваторія навколо Української антарктичної станції «Академік Вернадський» (УАС) являє собою шхерне мілководдя всіяне чисельні островами, що належать до Архіпелагу Вільгельма. Їх геологічна вивченість вкрай неоднорідна. Поруч з відносно добре вивченими, є окремі острова та цілі їх групи, де тільки нещодавно почали проводити регіональні геологічні дослідження. До них, зокрема, належать острови Данебrog, на яких лише у 2020 році здійснили планомірну геологічну зйомку. Її виконавці з'ясували, що на трьох найбільших островах цієї групи розповсюджені інтрузивно-магматичні утворення. Вивчення зібраної колекції гірських порід ще триває, але вже зараз можна скласти загальне уявлення про їх петрографічні особливості.

**Аналіз попередніх досліджень.** До 2020 року дані про гірські породи островів Данебrog обмежувались лише одним стислим петрографічним описом зразка «авгітового тоналіту» J.699.1, що був відібраний на якомусь з південно-західних островів цієї групи (Curtis, 1966). Наведений у згаданому описі кількісний мінеральний склад за сучасною класифікацією відповідає не тоналіту, а кварцовому діориту. Учасники сезонного загону 25-ї Української антарктичної експедиції О.Митрохин та В.Бахмутов здійснили геологічну зйомку, яка охопила три найбільші острови з групи Данебrog. Перші дані про геологію островів Данебrog містяться у тезах доповіді (Митрохин та ін., 2025), які опубліковані у цьому ж збірнику.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Оброблена наразі геологічна колекція включала 13 зразків, серед яких 11 представлених плутонічними породами, 2 – гіпабісальними. Петрографічні дослідження виконувались у ННІ «Інститут геології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Для усіх зразків були

виготовлені прозорі шліфи, які досліджувались на поляризаційному мікроскопі ПОЛАМ РП-1. Кількісний мінеральний склад розраховувався за допомогою інтеграційного столика Андіна.

**Отримані результати.** Польові дослідження показали, що головну роль у геологічній будові обстежених островів Данеброг відіграють інтрузивно-магматичні утворення плутонічної фації, серед яких домінують діоритоїди та гранітоїди. Набагато менш поширені габроїди, а також дайкові породи базальтоїдого та андезитового складу.

**Діоритоїди** є найбільш розповсюдженими. Ними складений острів Данеброг-III та у значній мірі – Данеброг-II. Макроскопічно це сірі фанеритові середньозернисті породи мезократового складу. Присутність мафічних включень надає їм такситової текстури. Серед включень розрізняються включення мікродіоритів на манір mafic magmatic enclaves, а також ксеноліти середньозернистих габроїдів. У шліфах діоритоїди мають повнокристалічну гіпідіоморфнозернисту структуру. Остання подекуди має характер монзонітової. Кількісний мінеральний склад діоритоїдів відповідає кварцовому монцодіориту. Головними породотвірними мінералами є плагіоклаз, кварц, калішпат, рогова обманка та біотит. У другорядних кількостях може бути присутнім клінопіроксен. Вторинна мінералізація включає серицит, хлорит та епідот. Акцесорними є сфен, апатит та непрозорі мінерали.

**Гранітоїди** за поширеністю, вочевидь, підпорядковані діоритоїдам. Гранітоїди складають східну частину островів Данеброг-I та Данеброг-II. Макроскопічно це світло-сірі та рожевувато-сірі фанеритові середньозернисті породи лейкократового складу. У відслоненнях вони подекуди виявляють розпливчасту смугасту текстуру. Смуги, товщиною від 2-3 до 10-40 см, відрізняються відтінком забарвлення – рожево-сірі чергуються зі світло-сірими. У шліфах гранітоїди виявляють повнокристалічну гіпідіоморфнозернисту структуру наближену до гранітної. Їх кількісний мінеральний склад відповідає гранодіориту. Головні породотвірні мінерали – плагіоклаз, кварц та калішпат. Біотит та рогова обманка присутні у другорядній кількості. Вторинна мінералізація представлена глинистими мінералами, серицитом, хлоритом та епідотом. Серед акцесоріїв ідентифіковані сфен, апатит та циркон.

**Габроїди** зазвичай трапляються у вигляді невеликих ксенолітів у діоритоїдах. Лише на острові Данеброг-II розміри таких ксенолітів сягають кількох метрів. Макроскопічно габроїди це темно-сірі породи, які візуально здаються фанеритовими. Вони помітно темніші за діоритоїди, тому може скластися помилкове враження, що габроїди мають меланократовий склад. Але вивчення шліфів цього не підтверджує, усі вони є мезократовими. У шліфах габроїди мають нерівномірно-зернисту порфіроподібну структуру, що принципово відрізняє їх від плутонічних утворень. Значну частину загального об'єму породи складають доволі великі ідіоморфні кристали плагіоклазу та амфіболізованого клінопіроксену. Між ними знаходиться більш дрібнозерниста загальна маса, яка складається плагіоклазом, кварцом, роговою обманкою, клінопіроксеном та біотитом. У акцесорних кількостях присутні сфен, апатит та непрозорі мінерали.

**Базальтова дайка** входить до рою мафічних дайок, що інтродують гранітоїди на північному зубережжі острова Данеброг-I. Дайкова порода представлена зеленувато-сірим афанітовим базальтом, в якому трапляються мікроскопічні включення ультрамафічних порід. У шліфі з'ясовується, що ці включення складені зміненими піроксенітами. Сам же базальт виявляє мікропорфірову структуру. Фенокристи представлені виключно мафічними мінералами, серед яких головну роль грає клінопіроксен. Менш розповсюджені деформовані фенокристи базальтичної рогової обманки. Крім них, трапляються повні псевдоморфози по ще одному мафічному мінералу, які складаються карбонатами та тальком. Загальна маса має мікрокристалічну структуру з нечіткими ознаками флюїдальності. Остання підкреслюється орієнтацією мікролітів плагіоклазу та базальтичної рогової обманки. В проміжках між ними

знаходяться інтергранулярні зерна клінопіроксену, непрозорих мінералів, а також скупчення вторинного кальциту та хлориту.

**Андезитова дайка** інтродує гранітоїди в центральній частині острова Данебrog-I. Дайкова порода має неоднорідно-плямисте зеленувато-сіре забарвлення з чисельними порфіровими вкрапленнями плагіоклазу у більш темній афанітовій загальній масі. У шліфі виявляється порфірова структура. Фенокристи плагіоклазу у тій чи іншій мірі заміщуються кальцитом та пренітом. Дрібнокристалічна загальна маса складається мікролітами плагіоклазу та непрозорого мінералу. В інтерстиціях між ними кристалізуються хлорит, карбонат та епідот.

#### **Висновки.**

1. Петрографічні дослідження підтверджують широку розповсюженість на островах Данебrog інтрузивно-магматичних порід середнього та кислого складу. Мікроскопічні особливості їх будови засвідчують глибинні умови кристалізації магми та приналежність до плутонічного класу. За кількісним мінеральним складом серед досліджуваних плутонічних утворень розрізняються кварцові монцодіорити та гранодіорити.

2. Габроїди, які трапляються у вигляді ксенолітів у плутонічних утвореннях островів Данебrog, принципово відрізняються від уміщуючих порід своєю вкрай нерівномірною зернистою порфіровидною структурою. Їх приналежність до плутонічних порід викликає сумніви. Більш вірогідними є гіпабісальні умови кристалізації габроїдів. З'ясування механізму потрапляння їх ксенолітів у магму діоритоїдів потребує додаткових досліджень.

3. Мафічні дайки островів Данебrog за їх петрографічними особливостями належать до субвулканічних утворень. За складом серед них розрізняються дайки базальтового та андезитового складу. Це типові пост-плутонічні тріщинні інтрузії, що вкорінювалися у вмісні гранітоїди після їх повного застигання та подальшої ексгумації.

#### **Список використаних джерел:**

Curtis R. [1966]. The petrology of the Graham Coast, Graham Land. British Antarctic Survey Scientific reports. 1966. №50. P.1-51.

Митрохин О.В., Бахмутов В.Г., Бручко М.Р. [2025]. Перші дані про геологію островів Данебrog (Берег Греяма Антарктичного півострова). Збірник праць Всеукраїнської конференції «Від мінералогії і геогнозії до геохімії, петрології та геофізики: фундаментальні і прикладні тренди XXI сторіччя» (MinGeoIntegration), Київ, 12-14 листопада 2025 року.

## **КОМПЛЕКСУВАННЯ ГЕОФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ ПРИ ВИВЧЕННІ ГІДРО-ГЕОДИНАМІЧНИХ ЯВИЩ В ЗОНІ ВІЛЬНОГО ВОДООБМІНУ**

<sup>1</sup>*Бублясь В.М., <sup>2</sup>Шевченко О.Л.*

<sup>1</sup>*Інститут геологічних наук НАН України, Ду «НІЦРПД» НАН України, Київ  
[bublias@ukr.net](mailto:bublias@ukr.net),*

<sup>2</sup>*Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України, Київ  
[shevch62@gmail.com](mailto:shevch62@gmail.com)*

*The value of these investigations primarily lies in the combination of traditional and new investigation methods, which make it possible to better reveal the mechanisms of sedimentation in rocks of the aeration zone. In the first place, the role of influx of electrodynamic and microgeodynamic processes on water transport in rocks of the aeration zone is discussed. A number of non-standard approaches to assessing the vitality of groundwater and forecasting their resources are reviewed.*

### **COMPREHENSION OF GEOPHYSICAL METHODS IN THE VIRTUATION OF HYDRO-GEODYNAMIC RESPONSES OF GROUNDWATER**

*Bublias V.N., Shevchenko O.L.*

**Вступ.** Поведінка вологи в породах зони аерації (ЗА) та її участь у живленні ґрунтових вод (ГВ) підпорядковується дуже складним процесам і явищам в земній корі. За сучасного рівня досліджень визначення різноманітних показників має імовірнісний характер. Показники або параметри руху вологи та її стану можуть бути описані та визначені за допомогою різних методичних підходів: 1) *воднобалансового* – за однією з прибуткових або витратних складових; 2) *гідродинамічного* – за змінами об'єму, витрат і швидкості водних потоків при дотриманні закону збереження маси; 3) *термодинамічного* – за коливаннями тисків (потенціалів) порової вологи; 4) *електродинамічного* – за змінами електричних потенціалів в певних шарах зони аерації та на поверхні землі. Але, навіть за наявності великої кількості теоретичних розробок, методологій та результатів польових і лабораторних досліджень, гідрофізичній науці на сьогодні не вдається переконливо пояснити низку явищ, пов'язаних із рухом вологи в зоні аерації.

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення.** У свій час (Ткаченко К.Д. 1965) на полігоні «Феофанія» встановив, що коливання рівня капілярної кайми в більшості випадків має протилежну варіацію в порівнянні із варіацією рівня ґрунтових вод. Нами (Шевченко та ін., 2016) і рядом дослідників зафіксовано, що під час і після дощу рівень ґрунтових вод у короткий проміжок часу знижується. Порушується класична схема руху вологи в зоні аерації в холодні пори року (переміщення вологи в сторону холодного горизонту), коли часто спостерігається інфільтрація замість висхідних потоків. Великою проблемою постають також питання оцінки руху вологи в зоні аерації в посушливих районах (районах із від'ємним балансом вологи в ґрунтовому покриві), де інфільтрація в класичному її розумінні практично відсутня, а живлення ґрунтових вод фіксується. Під час вивчення руху вологи в мікрогеодинамічних зонах (МГЗ) було виявлено явище протилежного переміщення вологи у МГЗ і на прилеглих фонових ділянках. Реальна швидкість руху вологи часто у десятки разів перевищує розрахункову швидкість певної категорії вологи.

Важливою причиною необхідності вирішення виявлених проблемних питань у гідрогеологічній науці є дефіцит підземних вод питної якості у багатьох країнах світу (в тому числі і в Україні), запасів яких з кожним роком стає все менше. Крім забруднення

підземних вод, впливовим чинником скорочення їх запасів виступає аридизація клімату.

**Фактичний матеріал та методи дослідження.** Одним із напрямків покращення якості оцінювання змін запасів вологи та ресурсів підземних вод є створення комбінованих алгоритмів і моделей з використанням ШІ, штучних нейронних мереж (ШНМ) та досконаліших приладів вимірювання. Проте, іноді це не забезпечує повноцінного вирішення принципів завдань щодо виявлення і параметризації домінуючих чинників в окремих ландшафтних умовах.

Виходячи з вище сказаного, *метою* даної роботи є обґрунтування доцільності внесення нових показників до регламенту спостережень на спеціалізованих науково-дослідних полігонах та водно-балансових станціях, розміщених в різних ландшафтних умовах. Комплекс цих даних повинен стати основою для розробки нових правил моніторингу кліматичних, гідрологічних і гідрогеологічних явищ для завчасного виявлення несприятливих змін, - до того, як вони стануть критичними для водних ресурсів. Зазначені вище невизначеності у цій сфері є основною причиною необхідності пошуку і досліджень додаткових нових чинників, що мають істотний вплив на формування ґрунтових вод і екологічний їх стан. Завчасне виявлення негативних тенденцій дасть більше часу (залежно від вразливості системи) на розробку відповідної стратегії адаптації та правил водокористування.

Підвищення ефективності оцінки ресурсів ґрунтових вод полягає в розробці методики комплексного водного балансу у двох площинах – в породах зони аерації і водоносному горизонті. Оскільки чинники руху вологи в породах зони аерації тісно пов'язані із чинниками живлення ґрунтових вод, то логічним буде не розглядати їх окремо. А у області водоносного горизонту слід розглядати тільки характер коливання рівнів ґрунтових вод.

**Отримані результати, їх обговорення.** Серед відомих чинників впливу на водообмінні процеси є ряд недооцінених явищ, або ж використовуються методи, які не спроможні розкрити сутність впливу цих чинників на вологообмін. Тому ми пропонуємо розглянути звичайні чинники під іншим кутом, внести *нові завдання та методичні зміни до традиційних методів досліджень*:

1) В останні роки у зв'язку із вивченням мікроструктури геологічного середовища і мікрогеодинамічних зон з'явилося ряд фактичних даних про вплив МГЗ на перерозподіл атмосферних опадів і рух порових розчинів – в межах цих специфічних об'єктів атмосферні опади і швидкість руху порових розчинів значно перевищують фонові (*Шевченко та ін, 2016*).

2) На наш погляд, є потреба серйозних доопрацювань в частині оцінки *випаровування вологи із поверхні ґрунтового покриву*. Найпоширеніша методика визначення випаровування і транспірації вологості за допомогою лізіметрів, де моноліти ґрунту не мають природного контакту із материнською породою, має суттєвий недолік, особливо, коли враховується транспортна функція температурних і електричних полів.

3) Вивчення ролі *швидкості вітру* у приземному шарі атмосфери на практиці не завжди враховується. Так, у розрахункових формулах при визначенні випаровування із водної поверхні (ГГІ-3000) на метеостанціях враховується швидкість вітру, а ґрунтознавці і агрономи рідко звертають увагу на цей показник при визначенні запасу вологи у ґрунтовому покриві. Даний чинник за умов штормового вітру, вологого ґрунту і дефіциту вологи в атмосфері за короткий проміжок часу (кількох годин) висушує ґрунтовий покрив до 5 і більше сантиметрів, у зв'язку з чим вода наступного невеликого (і навіть середнього) дощу витрачається на змочування цього шару і їх волога і не надходить до ґрунтових вод.

4) Важливою (не завжди правильно оціненою) статтею живлення ГВ є *пароподібна волога*. Встановлено, що пара в породах ЗА завдяки дифузії,

температурних і електричних полів рухається значно швидше, ніж рідка її фаза. Експериментально встановлено, що вечірня конденсаційна волога (серпанок) в умовах сухого ґрунту може проникати на глибину до 10 см. В посушливих регіонах, в т.ч. районах українського степу, процес конденсації, за відсутності зрошення, є основним джерелом надходження вологи у ґрунтовий покрив і ґрунтові води.

5) У зв'язку зі зміною клімату є потреба звернути увагу на роль *температури повітря* в якості, з одного боку, транспортного агента з переміщення вологи із теплих горизонтів ЗА в сторону холодних, а з іншого – в якості чинника метеорологічних і гідрогеологічних посух, змін рослинного покриву та зміщення і розширення на північ посушливої і недостатньо зволоженої зони України (*Ромащенко та ін, 2020*).

Комплексний підхід до вивчення закономірностей енергомасообмінних процесів дав можливість встановити низку нових чинників формування ґрунтових вод. Важливим результатом представлених дослідних робіт є з'ясування принципу взаємодії ендогенних і екзогенних факторів та їх ролі у формуванні мікроструктури геологічного середовища і живленні підземних вод.

На воду, яка надходить із атмосфери на земну поверхню, і породи зони аерації діють сили різної природи, під впливом яких відбуваються зміни напрямків, швидкостей руху, переходи води у різні фазові та якісні стани. Результати досліджень умов і сил вологоперенесення вказують на те, що крім традиційних чинників (температура, дифузія, всмоктуючі тиски, гравітація та ін.), у переміщенні вологи в пористих пухких ґрунтах важливу міграційну функцію виконують *мікроструктурні елементи порід ЗА, механічні (пружні) хвилі і електричні поля атмосфери і літосфери*. Отже, ми пропонуємо доповнити перелік обов'язкових для спостережень показників середовища наступними додатковими об'єктами досліджень:

1) В природному заляганні гірські породи знаходяться у складному геодинамічному стані, створеному великою кількістю геофізичних полів. При вивченні фізичної суті і геологічних проявів домінуючих полів була виявлена і досліджена мікроструктура покривних відкладів, яка стала основою розвитку МГЗ (*Бублясь, 2009*). В межах цих ділянок розвинена система *зон швидкої міграції*, в яких відбуваються механічні, електродинамічні, геохімічні і гідродинамічні та ін. процеси, які мають значно вищу інтенсивність у порівнянні із фоновими ділянками. Домінуючим фактором їх розвитку є пружні хвилі, генеровані ротаційними і гравітаційними силами, що виникають при коливальних рухах земної кори, обумовлених, ймовірно, зміною швидкості обертання Землі і гравітаційними силами Сонця і Місяця.

2) Велике значення у русі водних розчинів має фізичний стан асоційованих молекул води. Вода має електромагнітну чутливість завдяки наявним у ній не скомпенсованим зарядам, що спонукає її до самоорганізації (створює різного роду асоціації, або кластери) і адаптації до навколишнього середовища. В природних умовах зміна енергетичного стану води проявляється в утворенні фазових нестабільних моментів, що приводить молекули води до руху, або певної взаємодії (хімічної, фізичної). З'ясування внутрішніх і зовнішніх причин, що впливають на кооперативну організацію певних молекулярних систем, дає можливість зрозуміти їх роль у ряді процесів, що відбуваються в геологічних об'єктах. Майже всі процеси в геологічному середовищі відбуваються за участі *електричних сил*. Ритмічні зміни електричного поля, що формується під впливом атмосфери і літосфери, перерозподіляють іони водних розчинів і вільних молекул води.

3) Не менш важливе значення для пізнання фізичної міграційної суті порових розчинів у породах зони аерації мають різного роду *пружні поверхневі хвилі*, які виконують кілька функцій: а) мікрогеодинамічні процеси структурують верхні шари покривних відкладів, формуючи шляхи швидкої міграції; б) вібраційні процеси звільняють сорбовану плівкову вологу із поверхонь елементарних органо-мінеральних часток, переводячи її в стан незв'язаної (вільної) вологи, яка активно переміщується під

впливом різнополярних градієнтів у напрямку протилежно заряджених (від'ємних) полів (Бублясь, 2009).

Необхідно підкреслити, що потужним джерелом електричної енергії в геосфері є атмосфера, де різні молекули іонізуються та отримують електричний заряд під час руху в магнітному полі Землі. Дані заряди формують статичні електричні поля, які постійно взаємодіють із електричними полями літосфери. Результатом цієї взаємодії є рух флюїдів в покривних відкладах і живлення ґрунтових вод (Бублясь та ін, 2008).

Врахування нових механізмів, що впливають на рух флюїдів у геологічному середовищі і їх циклічних змін є більш прогресивним підходом для прогнозування стану ресурсів не лише ґрунтових вод, але і глибших водоносних горизонтів.

Одними із найбільш актуальних завдань сучасності є з'ясування впливу змін клімату на ресурси прісних вод на континентах та розробка стратегії водокористування в умовах цих змін. Як відомо, в першу чергу глобальні зміни проявляються в атмосфері. Тому і першим наслідком глобального потепління є метеорологічна посуха. Реагування ґрунтової (порової) вологи та підземної гідросфери на зміни погоднокліматичних умов відбуваються із запізненням. Отже, існують граничні значення ряду метеорологічних показників, за якими можна достатньо впевнено передбачити настання гідрогеологічної посухи для територій із певними ландшафтно-кліматичними умовами.

**Висновки.** Цінність представлених досліджень, в першу чергу, полягає у комплексуванні традиційних і нових методів досліджень, які дають можливість пізнати природу певних явищ, що стосуються метеорології, гідрології і гідрогеології. Отримувані знання розширюють нашу уяву про механізми формування ґрунтових вод та можливості їх оцінювання. Наступним кроком у перевірці теоретичних розробок та вдосконаленні новітніх підходів до оцінювання живлення підземних вод є їх випробування на експериментальних дослідних ділянках та у практичних застосуваннях. Для цього необхідні чіткі параметри окремих зовнішніх чинників руху вологи, встановлення величин температурних градієнтів, різних за природою електричних потенціалів в породах, напруженості електромагнітного поля приземної атмосфери, короткохвильової і довгохвильової сонячної радіації, певних атмосферних явищ тощо.

Для покращення достовірності гідрогеологічних та гідрологічних оцінок і прогнозів з метою вирішення проблеми виснаження ресурсів питної води слід враховувати одночасно виміряні метеорологічні, гідрологічні, гідрофізичні та гідрогеологічні показники. Представлений додатковий комплекс досліджень доцільно включити до регламенту на спостережних станціях відповідних установ.

#### **Список використаних джерел:**

Бублясь В.М. (2009). Розвиток напружено-деформаційного стану порід покривних відкладів рівнинних територій і його вплив на мікрогеодинамічні процеси. Матеріали 1X Міжнародної конференції «Моніторинг геологічних процесів» Київського національного ун-ту ім. Т. Шевченка. Київ. 277-278.

Бублясь В.М., Шестопапов В.М., Бублясь М.В. (2008). Електрогеодинамічні явища в атмосфері і літосфері та їх вплив на масообмін. *Вісник Київського національного ун-ту ім. Т. Шевченка. Геологія.* 44. 67-72.

Ромащенко М.І., Гусев Ю.В., Шатковський А.П., Сайдак Р.В., Яцюк М.В., Шевченко А.М., Матяш Т.В. (2020). Вплив сучасних кліматичних змін на водні ресурси та сільськогосподарське виробництво. *Меліорація і водне господарство.* 1, 5-22. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mivg\\_2020\\_1\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mivg_2020_1_3).

Ткаченко К.Д. (1965). Баланс вологи в зоні аэрации. Киев: Наукова думка. 144 с.

Шевченко О.Л., Бублясь В.М., Коломієць С.С. (2016). Основи перенесення вологи в зоні аерації. Навчальний посібник, Київ: ВПЦ «Київський університет». 263 с.

## DETECTION AND ANALYSIS OF MINERALOGICAL ANOMALIES IN AEOLIAN STRATA: AN INTEGRATED APPROACH

*Buynevich, I.V.*

*Department of Earth and Environmental Science, Temple University, USA  
coast@temple.edu*

*Heavy-mineral concentrations (HMCs) in aeolian sedimentary sequences occur in a variety of modes, from grain-thick laminae to layers of economic value (placers). Detection of HMCs is facilitated by their color contrast, often as dark anomalies (e.g., “black sands”) in a light (e.g., quartz-dominated) matrix. Therefore, simple color-intensity analysis becomes a useful tool for assessing relative presence of darker fractions. In the subsurface, even thin layers produce high-amplitude anomalies in high-resolution georadar images, especially in the presence of magnetite and other ferrimagnetic components. In situ measurements and subsamples can then be analyzed using low-field magnetic susceptibility, thereby providing an additional proxy for paleo-energy conditions (e.g., aerodynamic sorting) responsible for a particular thickness and concentration of mineralogical anomalies.*

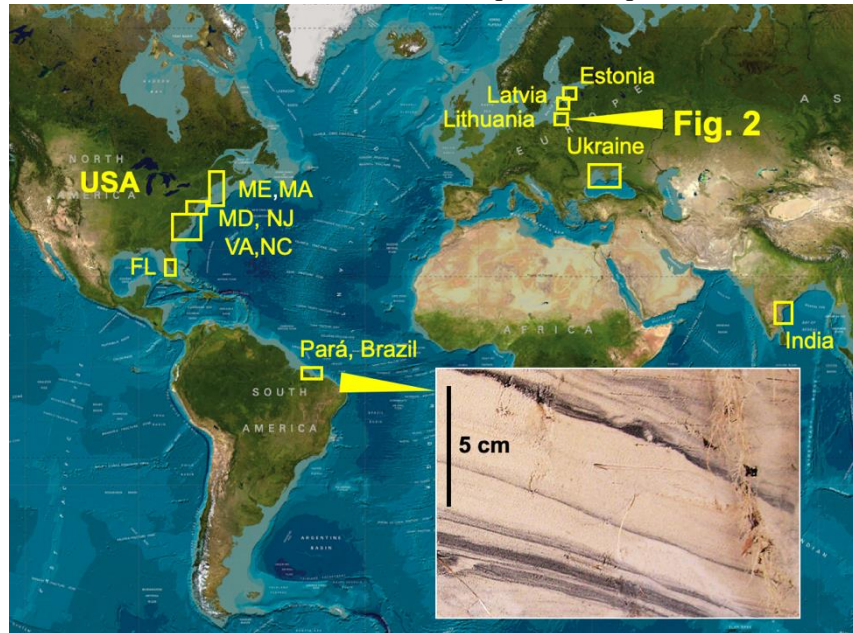
## ВИЯВЛЕННЯ ТА АНАЛІЗ МІНЕРАЛОГІЧНИХ АНОМАЛІЙ В ЕОЛОВИХ ШАРАХ: КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД

*Буйневич І.В.*

**Introduction.** A diverse suite of heavy minerals forms heavy-mineral concentrations (HMCs) in aeolian sequences, which may attain economically viable accumulations (Stanaway, 2012; Van Gosen et al., 2014). Thin HMCs accentuate sedimentary structures (Lewis and Titheridge, 1978; Buynevich et al., 2011)(Fig. 1 inset) and can serve as indicators of energy regime and provenance (Komar and Wang, 1984; Pupienis et al., 2017; Buynevich et al., 2024). Regardless of their source, these mineralogical anomalies can put constraints on aero-dynamic conditions responsible for their formation (Buynevich et al., 2007; Lindhorst and Betzler, 2016; Ludwig et al., 2017; Vilumaa et al., 2016). Ferrimagnetic (mainly magnetite) and paramagnetic components also result in distinct low-field magnetic susceptibility (MS) anomalies and often generate high-amplitude signal return in ground-penetrating radar (GPR) images (Buynevich et al., 2007).

In recent years, image color-intensity (ICI) analysis of macrophotographs of trench walls and outcrops, as well as microphotographs (Porter, 2000; Buynevich, 2024) are replacing labor-intensive and time-consuming mineralogical analyses and heavy-liquid separation. The goal of this paper is to present an example of integrated dataset focused on detection and assessment of HMCs in a Holocene aeolian sequence.

**Results and interpretation.** In recent years, the author has analyzed aeolian HMCs from a number of sites using geophysical (GPR), magnetic (MS), lithological (granulometric statistics), and image analysis (ImageJ) methods (Fig. 1). The key aspect of data collection and processing is the ability to refine all methodological aspects in order to rapidly and effectively detect and quantify HMCs in variable databases. The correlation of subsurface (electromagnetic signal response amplitude profiles), magnetic susceptibility, mineralogical, and grayscale values can be achieved over a range of databases (areal maps, vertical and horizontal profiles, etc.). Such approach generates spatial and temporal patterns that can be used for local cross-correlation and for assessing the paleo-dynamic forcing (e.g., shear stress related to wind speed and aerodynamic sorting).

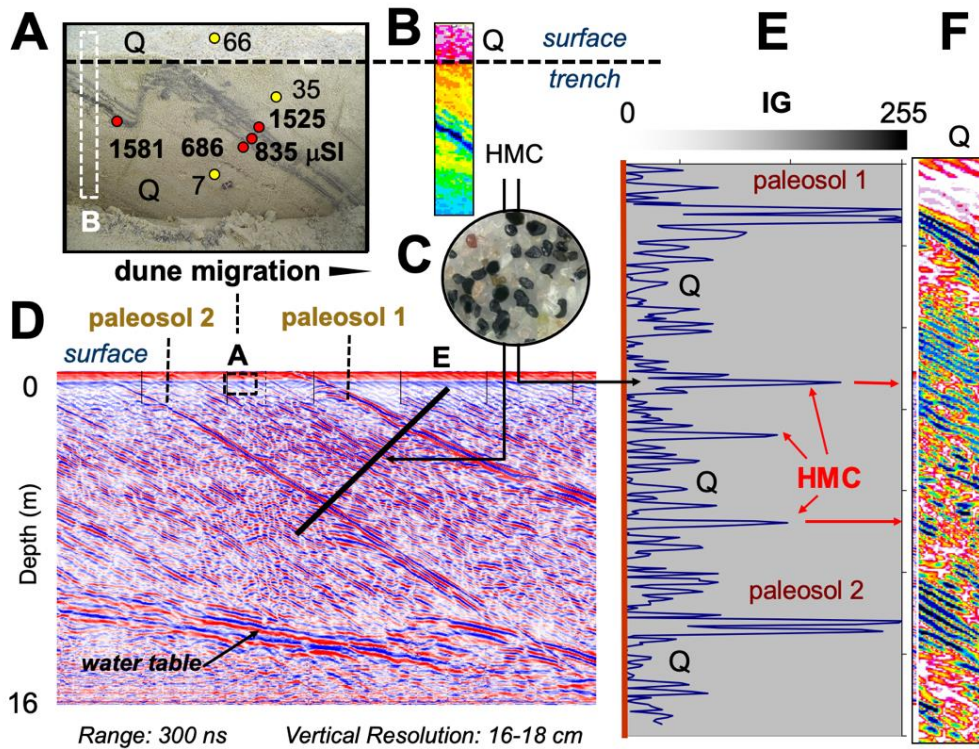


**Figure 1** Study site locations with aeolian heavy-mineral concentrations (HMCs). Inset: thin dark HMCs in an active coastal dune in equatorial Brazil.

The example presented here features an aeolian slipface (lateral accretion) sequence along the Curonian Spit, Lithuania (Figs. 1 and 2). In shallow trenches and surface exposures, *in situ* low-field MS measurements yield anomalously high values proportional to magnetite fraction, with pure quartz being diamagnetic (Fig. 2A). In the ImageJ ICI analysis of a section of the trench photograph, it is possible to differentiate the inverse grayscale (IG; white: IG=0; black: IG=255) of very dark/black (magnetite, ilmenite, biotite, etc.; IG>200), mid-range hues (feldspars, dark garnets; IG~50–200) and light grains (fractured garnets, quartz; IG<50; Fig. 2B and C). High-amplitude reflections (bounding surfaces) in the 200 MHz radargram (Fig. 2D) correspond to buried soils and HMCs of variable thickness. ICI analysis of a representative profile E on the GPR image is used to demonstrate the pattern (temporal distribution) of the relative color intensity expressed as an IG image (Fig. 2B) and a 16-color rendition (Fig. 2E). A 16-color rendition of a GPR segment at E shows a similar trend (Fig. 2F).

**Conclusions.** The example presented here demonstrates that an integrated approach is needed to detect, map, sample, and analyze heavy-mineral concentrations in aeolian lithosomes, particularly where the nature of wind-blown sediments presents sampling challenges. High-resolution geophysical imaging (e.g., 200-900 MHz GPR) provides initial information about signal amplitude patterns that can be used to plan ground-truth (trenching, coring). Low-field magnetic susceptibility values provide important information about the HMC magnitude, especially magnetite content and can be used for mineralogical sampling (e.g., opaque fraction analysis). Image color-intensity analysis is performed on a suite of surfaces (bedding planes), stratigraphic sections (natural exposures and trench walls), trench-wall peels, sediment cores, GPR images, and strewn slides (*Buyneviich et al., 2024*). Quantitative analysis of one or multiple datasets can then be used to determine or constrain the (paleo-)environmental indices responsible for HMC formation (paleo-anemometry).

**Acknowledgments.** Field research was supported by the National Geographic Society CRE Grant #9041-11 and the Fulbright U.S. Scholar Program (Geology – Estonia). The author is grateful to numerous colleagues for their help with field data collection.



**Figure 2** Integrated mapping and analysis of aeolian HMCs (Curonian Spit, Lithuania): A) In situ MS values of HMCs and quartz-rich (Q) matrix; B) ICI plot of a segment in A (dark blue - HMC); C) HMC microphotograph; D) 200 MHz GPR image of lateral accretion surfaces, with paleosols and HMCs; E) IG profile along a section shown in D; F) 16-color rendition of section E.

### References:

- Buynevich, I.V., [2024] Integrated approach to detection, sampling, and analysis of heavy-mineral concentrations in coastal sands. *Proceedings of the MinGeo Integration XXI Conference*, Institute of Geology, Kyiv National University, Kyiv, Ukraine, 159-163.
- Buynevich, I.V., Bitinas, A., and Pupienis, D., [2007] Lithological anomalies in a relict coastal dune: geophysical and paleoenvironmental markers. *Geophysical Research Letters*, 34, L09707. doi.org/10.1029/2007GL029767.
- Buynevich, I.V., Darrow, J.S., Grimes, Z.T.A., Seminack, C.T., and Griffis, N., [2011] Ungulate tracks in coastal sands: recognition and sedimentological significance. *Journal of Coastal Research*, SI 64, 334-338.
- Buynevich, I.V., Tõnisson, H., Rosentau, A., Hang, T., Kont, A., Tamura, T., Suuroja, S., Palginõmm, V., and Döring, S.F.S., [2023] Rapid magnetic susceptibility characterization of coastal morphosedimentary units at two insular strandplains in Estonia. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11, 232, doi.org/10.3390/jmse11020232.
- Buynevich, I.V., Tõnisson, H., Pupienis, D., Rosentau, A., Bitinas, A., Jarmalavičius, D., Davydov, O.V., Kont, A., Vilumaa, K., Suursaar, Ü., Savarese, M., Luik, K., Kadurin, S.V., Wiest, L.A., and Suuroja, S., [2024] High-resolution sampling and rapid image-based assessment of dark opaque fractions in coastal sands. *Journal of Coastal Research*, SI 113, 775-779.
- Komar, P.D. and Wang, C., [1984] Processes of selective grain transport and the formation of placers on beaches. *Journal of Geology*, 92, 637-655.
- Lewis, D.W., Titheridge, G., [1978] Small scale sedimentary structures resulting from foot impressions in dune sands. *Journal of Sedimentary Petrology*, 48, 835-838.

- Ludwig, J., Lindhorst, S., Betzler, C., Bierstedt, S.E., and Borówka, R.K. [2017] Sedimentary rhythms in coastal dunes as a record of intra-annual changes in wind climate (Łeba, Poland), *Aeolian Research*, 27, 67-77.
- Lindhorst, S., and Betzler, C., [2016] The climate-archive dune: sedimentary record of annual wind intensity. *Geology*, 44, 711-714.
- Porter, S.C., [2000] High resolution paleoclimatic information from Chinese eolian sediments based on grayscale intensity profiles. *Quaternary Research*, 53, 70–77.
- Pupienis, D.; Buynevich, I.V.; Ryabchuk, D.; Jarmalavičius, D.; Žilinskas, G.; Fedorovič, J.; Kovaleva, O.; Sergeev, A., and Cichoń-Pupienis, A., [2017] Spatial patterns in heavy-mineral concentrations along the Curonian Spit coast, southeastern Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 195, 41–50.
- Stanaway, K., [2012] Ten placer deposit models from five sedimentary environments. *Applied Earth Science IMM Transactions. Section B*, 121, 43-51.
- Van Gosen, B.S., Fey, D.L., Shah, A.K., Verplanck, P.L., and Hoefen, T.M., [2014] Deposit model for heavy-mineral sands in coastal environments: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010–5070–L, 51 p.
- Vilumaa, K.; Tõnisson, H.; Sugita, S.; Buynevich, I.V.; Kont, A.; Muru, M.; Preusser, F.; Bjursäter, S.; Vaasma, T.; Vandel, E.; Molodkov, A., and Järvelill, J.I., [2016] Past extreme events recorded in the internal architecture of coastal formations in the Baltic Sea region. *Journal of Coastal Research, Special Issue 75*, 775–779.

## **МУЗЕЇ ЯК СПОСІБ ЗБЕРЕЖЕННЯ ГЕОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ (НА ПРИКЛАДІ МІНЕРАЛОГІЧНОГО МУЗЕЮ ІМЕНІ ЄВГЕНА ЛАЗАРЕНКА)**

*Бучинська А.В., Цільмак О.В., Бурбан К.А.*

*Львівський національний університет імені Івана Франка,  
[mineralogy.museum@lnu.edu.ua](mailto:mineralogy.museum@lnu.edu.ua)*

*Geological museums of any orientation, subordination or size play an important role in the preservation, systematization and transmission of geological information. They not only demonstrate collections of minerals, rocks or fossil remains, but also serve as powerful scientific and educational centers that preserve and generalize existing information, as well as provide new opportunities for geological science and education. In the article, the authors analyze the scientific, educational and historical significance of geological museums using the example of the Yevhen Lazarenko Mineralogical Museum.*

### **MUSEUMS AS A WAY OF PRESERVING GEOLOGICAL INFORMATION (ON THE EXAMPLE OF THE YEVHEN LAZARENKO MINERALOGICAL MUSEUM)**

*Buchynska A.V., Tsilmak O.V., Burban K.A.*

**Вступ.** Геологічні музеї будь-якого спрямування, підпорядкування чи розміру відіграють важливу роль у збереженні, систематизації та передачі геологічної інформації. Вони не лише демонструють колекції мінералів, гірських порід чи викопних решток, а й слугують потужними науково-освітніми центрами, які зберігають та узагальнюють вже існуючу інформацію, а також надають нові можливості для геологічної науки та освіти.

Мінералогічний музей як університетський музей у своєму розвитку пройшов кілька етапів («покоління»), кожен з яких мав свої особливості. Якщо навчання і дослідження були основними завданнями музеїв «першого покоління», то в міру зменшення або вичерпання свого первісного потенціалу вони стали ілюстрацією до історії науки та розвитку вищої школи – «другим поколінням». На рубежі ХХ-ХХІ ст. із плином кризи у середовищі вищої освіти та активізації боротьби за абітурієнтів музеї стали частиною університетської стратегії з профорієнтаційної роботи та ланцюгом із громадськістю, трансформувались у «третє покоління» (Муравська, 2017).

Мінералогічний музей імені Євгена Лазаренка (надалі – Музей), створений в 1852-1853 навчальному році, - перша структурна одиниця геологічного профілю у Львівському національному університеті імені Івана Франка (Лазаренко, 1961: Бучинська, Цільмак, 2023). Музей має унікальне наукове, освітнє та історичне значення, і на прикладі його колекцій та напрямків діяльності можна розглянути проблематику історичного збереження геологічної інформації та передачі її для майбутніх поколінь.

**Наукове значення.** Колекція Музею складає понад 14 тисяч зразків мінералів і охоплює всі континенти Землі, включно з Антарктидою. Велика кількість музейних зразків, зібраних в одному місці, та широка географія регіонів їхнього відбору дають науковцям можливості для різноманітних досліджень, порівнянь та наукових висновків у галузі мінералогії.

На даний час у Музеї триває робота по створенню детальних описів музейних колекцій та організації публічного доступу до цих описів, що сприятиме збільшенню наукового інтересу до колекцій серед науковців. Зараз Музей поповнюється одиночними подарунками зразків від професіоналів-геологів та любителів-колекціонерів. Але велике значення могли би набути обміни зразками між музеями, навчальними закладами та науковими організаціями, що розширило би базу знань та

внутрішньодержавну і міжнародну співпрацю. Подібні обміни були започатковані Євгеном Лазаренком, деканом геологічного факультету та ректором Львівського університету, ще в 1950-70тих роках - було проведено обміни зразків з Празьким національним музеєм, Єреванським та Тбіліським університетами, Північно-Східним геологічним інститутом КНР, Королівським музеєм Онтаріо з Канади та ін.

Колекція Музею має значну наукову цінність щодо збереження геологічної інформації, оскільки містить зразки мінералів з об'єктів, що мають статус *Type locality* (типова місцевість, де був не тільки знайдений, але й вперше науково описаний певний мінеральний вид, різновид або гірська порода). На даний час в Музеї зафіксовано близько 50 експонатів мінеральних видів і різновидів з типових родовищ. В різних експозиціях демонструються зразки мінеральних видів з українських типових родовищ (родовищ з TL для даного мінерального виду): карпатит (Оленево, Закарпатська область), сингеніт (Калуш, Івано-Франківська область), алуніт (Мужієво, Закарпатська область), донбасит (Донецька область). В колекції Музею наявні зразки мінералів з типових родовищ інших країн Європи: родохрозит (родовище Кавнік, Румунія), нагігаїт (родовище Секерімб, Румунія), науманіт (рудний район Тілкероде, Саксонія-Ангальт, Німеччина), стефаніт (Фрейберг, Саксонія, Німеччина) та інші.

Музей відіграє важливу роль у збереженні зразків мінералів з геологічних об'єктів, доступ до яких нині обмежений або повністю закритий, забезпечуючи можливість їх наукового вивчення (або довивчення) у майбутньому. В експозиції "Мінерали України" представлені зразки мінеральних агрегатів з кількох недоступних на даний час об'єктів. В колекції наявні зразки самородної сірки, бариту та целестину з Язівського родовища Львівської області, яке в період 2002-2006 років після завершення видобутку сірки перетворене на рекреаційну зону з озером Сірка (найглибше штучне озеро в Україні). Цінними є зразки прихованокристалічної відміни сфалериту брункіту з Трускавця Львівської області. В кінці 1950-х років Євген Лазаренко виявив брункіт в одній із штолень, що стало другою знахідкою цього різновиду сфалериту в світі, а на даний час ці штольні зруйновані. Є в музейній експозиції також зразки озокериту з озокеритових шахт Борислава Львівської області, які на даний час затоплені. Серед зразків з недоступних геологічних об'єктів інших країн - кріоліт з вичерпаного родовища Івіттуут (фьорд Арсук, муніципалітет Сермерсук, Гренландія), що було єдиним в світі родовищем цього мінералу, ключового компоненту у процесі електролітичного отримання алюмінію; опали з однієї з закритих шахт родовища Дубнік (с. Червениця, Пряшівський край, Словаччина); родохрозит з закритого в 1928 році рудника Ротенберг (Обернайзен, район Рейн-Лан, земля Рейнланд-Пфальц, Німеччина), барит зі зруйнованої шахти Емма Луїза (родовище Гуанако, Тальталь, провінція Антофагаста, Чилі); карбонатні онікси зі зруйнованої Гаурдацької печери (околиці м. Магданли, Магданлинський район, Лебапський велаят, Туркменістан) та ін.

Забезпечуючи доступ до великої колекції зразків, Мінералогічний музей є важливою науковою базою для досліджень мінералів, їхніх особливостей морфології, фізичних властивостей, хімічного складу, що надає інформацію про генетичні умови формування геологічного об'єкту. Для старих музейних зразків з'являється з часом можливість дослідження їх новими більш прецизійними методами, а навіть відкриття нових мінералів. Так при детальній каталогізації з описом колекції карбонатних оніксів Мінералогічного музею проведено більш детальне дослідження кальцитового оніксу з Гаурдацької печери (Туркменістан). Зразок карбонатного оніксу представлений відполірованим з одного боку зрізом фрагмента сталактиту, який 1985 р. у фонди Музею передав випускник геологічного факультету Львівського університету 1966 р. Володимир Лесів. У Науково-технічному і навчальному центрі низькотемпературних досліджень ЛНУ імені Івана Франка на сканівному електронному мікроскопі РЕММА 102 02, укомплектованому енергодисперсним аналізатором EDAR (аналітик Р.Я. Серкіз), здійснено електронно-мікроскопічні дослідження і визначення хімічного

складу карбонатів. В результаті аналізу отриманих даних проведено уточнення мінерального складу кальцитових оніксів з даного об'єкту, а також відкрито гіпотетичний новий мінерал - Mg-Ca-Zn карбонат, що може належати до структурного типу  $AB_3(CO_3)_4$  та бути ізоструктурним з гантитом  $CaMg_3(CO_3)_4$  (Цільмак та ін., 2025).

**Освітнє значення.** Геологічні музеї відіграють важливу роль не лише в збереженні геологічної інформації, а також в її розповсюдженні та передачі наступним поколінням. Вагоме значення відіграють також музеї для популяризації геологічної науки серед різних верств населення, в першу чергу – студентів та школярів. Так, велика кількість зразків Мінералогічного музею імені Євгена Лазаренка і широка географія їх відбору дозволяє відвідувачам наочно порівнювати мінерали з різних географічних регіонів і генетичних типів родовищ, що сприяє глибшому розумінню закономірностей мінералоутворення та різноманіття мінерального світу.

Проведення практичних занять зі студентами, написання курсових та дипломних робіт, ведення студентської наукової роботи, тематичні екскурсії і виставки, самостійне відвідування – все це способи використання накопиченої геологічної інформації в Музеї. Мінералогічний музей імені Євгена Лазаренка приймає в себе не лише студентів рідного геологічного факультету. Постійними відвідувачами і користувачами Музею є геоморфологи, ґрунтознавці, урбаністи та туризмологи з географічного, екологи з біологічного, кристалохіміки з хімічного факультетів Львівського національного університету імені Івана Франка. Знаходять можливості для розвитку своїх фахових знань та отримання потрібної інформації у Мінералогічному музеї архітектори та матеріалознавці з НУ «Львівська Політехніка», реставратори з Львівського фахового коледжу декоративного і ужиткового мистецтва ім. І. Труша, агрохіміки з Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, знавці митної справи з Львівського торгівельно-економічного університету.

В наш час, коли по всьому світу спостерігається зменшення зацікавленості природничими науками, особливого значення набуває музейна робота зі школярами. Крім типових шкільних екскурсій, працівниками Мінералогічного музею імені Євгена Лазаренка розроблено низку тематичних інтерактивних занять для учнів різного віку. Цікава форма проведення музейних занять сприяє кращому сприйняттю поданої інформації та популяризації геології та природничих наук в цілому.

**Значення для історії геологічної науки.** Мінералогічний музей у Львівському університеті офіційно було створено в 1852-1853 навчальному році, а до того мінералогічні колекції існували у складі Кабінету природничої історії, що був заснований ще 1784 року. За свою довгу історію Музей зберігає не лише музейні геологічні експонати, а і багато історичної інформації, яка стосується видатних мінералогів, які тут працювали, дилерських мінералогічних центрів, цікавих історичних подій, тобто загалом історії геологічної науки.

Перший музейний документ – перепис зразків мінералів та гірських порід університетської колекції, зроблений 1849 року професором Гіацинтом Лобажевським, завідувачем кафедри природничої історії, засновником Мінералогічного музею. В архіві Музею збережені каталоги експонатів, які були сформовані в австро-угорський, польський, радянський та український періоди. В каталогах для більшості зразків вказаний рік і джерело надходження (фірма-дилер, збірка певного дослідника, дар, обмін між музеями). Ця інформація є основою для поглибленого дослідження історії формування колекції Мінералогічного музею, а також для встановлення нових цікавих аспектів історії Музею.

1864 р. у Львівському університеті відкрито кафедру мінералогії, з якою тісно пов'язана історія Мінералогічного музею. Її першим завідувачем і керівником музею став професор Фердинанд Циркель – засновник мікроскопічного методу в мінералогії і петрографії. У Музеї досі зберігається колекція тонких зрізів мінералів та порід

(шліфів), виготовлених Циркелем для вивчення прозорих мінералів у прохідному світлі.

Цікавим та важливим історичним документом є каталог, укладений Феліксом Кройцем у 1880 році. Фелікс Кройц - мінералог і петрограф, один з засновників Польського товариства природознавців ім. Коперника (1874) і його перший президент, завідувач кафедри мінералогії Львівського університету (1870-1887), директор Мінералогічного музею (*Павлишин та ін., 2019*). В цей каталог ввійшли зразки придбані у 70-х роках XIX століття. В період до 1880 року Музей закупував переважно зразки мінералів і мінеральних агрегатів у європейських дилерів: «Mineralien-Geschäft von Krantz» Августа Кранца у Фрайбурзі (Німеччина), «Chemische Fabrik & Mineralhandlung» Теодора Шугардта з Мускау (зараз Бад-Мускау, район Герлиц (Німеччина)), «Mineralien-Naturalien und Münz-Comptoir» Леопольда Егера у Відні (Австрія). З кінця 1870-х років розпочали ведення нового каталогу, який також зберігся в архівах Музею. За період 1881-1913 рр. колекція Музею збільшилася на понад 2500 зразків з майже 40 джерел поповнення (*Цільмак та ін., 2025*). Основними джерелами надходження у цей період були Юзеф Семірадський, дилерські центри Кранца, Бернарда Штуртца, Теодора Шугардта, Леопольда Егера та Еміль Дуніковський (один з директорів Мінералогічного музею). Зокрема у Музеї в окремій вітрині експонується полірований зріз скам'янілого дерева діаметром 80 см зі штату Аризона (нині Національний парк Petrified Forest), привезений Емілем Дуніковським з подорожей Північною Америкою на початку XX ст. Цей експонат є фрагментом стовбура древніх араукарій *Agaucarioxylon agiixonicum* з відділу хвойних, які росли на Землі близько 225 млн років тому. Деревина зберегла загальну форму, але втратила клітинну будову. Целюлоза замістилася халцедоном і гідрооксидами заліза. Псевдоморфоза з Аризони є окрасою Музею і незмінно дивує відвідувачів своїм строкатим забарвленням.

Новий етап розвитку Мінералогічного музею Львівського університету розпочався з 1944 р.; він пов'язаний з іменем Є.К. Лазаренка, який у тому ж році очолив кафедру мінералогії, а 1945 р. організував геологічний факультет, став його першим деканом, а пізніше і ректором (1951–1963) університету. Під його керівництвом було організовано низку експедиційних виїздів у різні регіони (Волинь, Карпати, Поділля, Урал, Забайкалля та ін.), під час яких зібрано величезний і надзвичайно різноманітний кам'яний матеріал, який значно поповнив колекції Музею та сприяв його відновленню. З 1997 року Мінералогічний музей Львівського національного університету імені Івана Франка носить ім'я Євгена Лазаренка і пишається цим.

Працівники Мінералогічного музею імені Євгена Лазаренка з великою зацікавленістю досліджують деталі становлення музейної колекції, а разом з цим – історії відомих геологів та мінералогів та цікавих подій минулого часу.

**Висновки.** Геологічні музеї були, є і залишатимуться осередками, які покликані зберігати, систематизувати та розповсюджувати накопичену геологічну інформацію. З огляду на це музеї мають вагоме наукове та освітнє значення, до якого додається цінність давно створених музеїв для дослідження історії геології. Сучасні музеї прагнуть працювати по-новому, привертаючи до себе увагу різних верств населення та популяризувати геологічні науки. Зокрема Мінералогічний музей імені Євгена Лазаренка, заснований як музей «першого покоління», успішно пройшов усі етапи трансформації до музею «третього покоління» і нині провадить популяризаційну діяльність серед громадськості та активну профорієнтаційну роботу для залучення нових абітурієнтів щодо здобуття ними фахової геологічної освіти.

#### **Список використаних джерел:**

Бучинська А.В., Цільмак О.В. [2023] Мінералогічний музей імені Євгена Лазаренка Львівського національного університету імені Івана Франка: історія, сьогодення, плани

- на майбутнє // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Геологічні музеї: їх роль в науці, освіті та туризмі». — Львів: Каменяр. — с. 6-9.
- Муравська С.В. [2018] Музейні заклади у системі вищої освіти Західної України на тлі світових тенденцій / Центр пам'ятокознавства НАН України і УТОПІК. — Львів. — 244 с.
- Лазаренко Є.К. [1961] 300 років Львівського університету. — Львів. — 79 с.
- Павлишин В., Матковський О., Довгий С. [2019] Історія мінералогії в Україні. Від глибокої давнини до 90-х років ХХ ст. — Київ. — 424 с.
- Цільмак О.В., Бурбан К.А., Борняк У.І. [2025] Нові дані щодо мінерального складу карбонатного оніксу (Гаурдацька печера, Туркменістан) з колекції Мінералогічного музею імені Євгена Лазаренка // Мін/ журнал. — Т. 47, № 1. — с. 55-63.
- Цільмак О., Бучинська А., Бурбан К. [2025] Історія формування колекції Мінералогічного музею у Львівському університеті (друга половина ХІХ – початок ХХ століття // Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Геологічні музеї: їх роль в науці, освіті та туризмі». — Львів: Каменяр. — с. 18-21.

## ЗАКОНОМІРНОСТІ ПОШИРЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ДОМІШОК У ВУГІЛЛІ ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОГО БАСЕЙНУ

**Бучинська І. В., Лазар Г. І.**

*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, м. Львів, Україна*  
[ibuchynska@ukr.net](mailto:ibuchynska@ukr.net)

*The processes of coal-forming peatland formation (areal waterlogging) are determined by tectonic, landscape and climatic factors. Under the influence of the tectonic factor, a specific pattern is formed that facilitates the processes preceding coal formation. The layer-by-layer distribution of trace elements in the cross-section of coal seams reflects a periodic change in the conditions of water-mineral supply to the peat deposits. Increased concentrations of trace elements tend to the peripheral areas of the seams or are confined to intra-formational faults. For the coal seams of the Lviv-Volyn coal basin, a general regular decrease in the concentration of elements from the northeast to the southwest is observed, which indicates the existence of a predominant source area (area of erosion/denudation) in the northeast of the basin.*

### REGULARITIES OF THE DISTRIBUTION OF IMPURITY ELEMENTS IN COAL OF THE LVIV-VOLYN COAL BASIN

**Buchynska I.V., Lazar H.I.**

*Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NASU,  
Lviv, Ukraine E-mail: [ibuchynska@ukr.net](mailto:ibuchynska@ukr.net)*

**Вступ.** Утворення вугленосних формацій визначається палеогеографічними, палеотектонічними, палеокліматичними факторами та характером речовини, що поступає в басейн седиментації. Найважливішим є геотектонічний чинник, який визначає палеогеографічні умови накопичення мінеральної і органічної речовини. Загальна зольність, склад золи, товщина вугільного шару, петрографічний склад та ступінь вуглефікації вугілля, наявність та інтенсивність додаткової мінералізації – основні властивості вугілля, що визначають склад та характер розподілу мікроелементів.

**Аналіз попередніх досліджень.** Торфоутворення є першим етапом вуглетворного процесу, на якому відбувається сингенетичне нагромадження елементів. На стадіях діагенезу і катагенезу йде перерозподіл елементів, їхнє часткове винесення за межі вугільного пласта та епігенетичне збагачення завдяки гідротермальній діяльності й епігенетичним концентраціям на відновних, сірководневих та сорбційних бар'єрах. Основним джерелом надходження мікроелементів у торфовище є породи області зносу. Інтенсивність процесів їхнього вивітрювання зумовлена в основному тривалістю континентальної перерви, кліматичними, гідрогеологічними умовами, хіміко-петрографічним складом порід, рельєфом місцевості зносу (*Металлогенія...*, 1988). Елементи переносяться повітряними та водними шляхами. Переважає міграція за рахунок поверхневих і підземних вод, яка здійснюється біогенними, механічними, хімічними та колоїдними способами.

Концентрація елементів в області седиментації може відбуватися як при седиментогенезі, так і епігенезі. За А. І. Перельманом виділяють вісім генетичних типів концентрацій елементів: механогенний, біогенний, сорбційний, відновлювальний, сірководневий, окислювальний, вуглекислий та термодинамічний. Кожен з них відповідає певним типам геохімічних бар'єрів (*Перельман, 1979*).

На ступінь концентрації елементів, їхній якісний стан і особливості розподілу в контурах торфовища впливають різні фактори, головними з яких є характер порід

навколо торфовища, кліматичні умови регіону, від яких залежать процеси вивітрювання порід областей зносу, швидкість нагромадження біомаси та швидкість її розкладання, особливості водно-мінерального живлення торфовища, тектоніка району, ступінь перетворення теригенного матеріалу в процесах вивітрювання (*Металлогенія...*, 1988).

Склад елементів-домішок вугілля Львівсько-Волинського басейну досить різноманітний і сформувався в період осадонагромадження та внаслідок вторинних процесів, які призвели до їхнього перерозподілу. Елементи-домішки вугілля басейну вивчали з метою виявлення й оцінки корисних компонентів, потенційно придатних для супутнього вилучення при використанні вугілля та для встановлення токсичних елементів-домішок, які можуть бути небезпечними для навколишнього середовища під час видобування і перероблення.

У розподілі окремих елементів як у вугільних пластах, так і вугленосній товщі в цілому спостерігається деяка закономірність (*Бик, 1991; Бик, Гаєвський, 1991; Бик, Узюк, 2000*). Мінеральний склад і будова всього комплексу порід, що утворюють вугленосу товщу, характеризують специфічні умови їхнього утворення та нагромадження в просторі і часі.

**Мета дослідження:** визначити геохімічні особливості мікроелементного складу вугілля та закономірності поширення елементів домішок у вугіллі ЛВБ.

**Фактичний матеріал.** У роботі використовувалися спектральні аналізи середньопластових проб, виконані спеціалізованими лабораторіями Львівської геолого-розвідувальної експедиції та Інституту геології і геохімії горючих копалин НАН України у 80–90-х роках минулого століття.

**Отримані результати, їх обговорення.** Львівсько-Волинський кам'яновугільний басейн (ЛВБ) знаходиться у Львівському прогині, який розташований в межах більш крупного і протяжного Львівсько-Люблінського палеозойського прогину південно-західної окраїни Східноєвропейської платформи. З врахуванням генетичного принципу його утворення – це один з тектонічних етапів розвитку території Волино-Поділля, що представляє собою Львівсько-Люблінський герцинський передовий прогин (D<sub>2</sub>–C<sub>2</sub>). За будовою, ступенем вугленосності, умовами утворення в складі нижньо-середньокам'яновугільної формації басейну виділяються дві підформації. Нижня – болотно-морська регресивна підформація, верхня границя якої проводиться по покрівлі вапняка N<sub>3</sub>. Вона включає в себе відклади візейського і нижньої частини серпуховського ярусів. Верхня – високовугленосна алювіально-болотно-озерно-лагуна регресивно-трансгресивна підформація включає відклади верхньої частини серпуховського і башкирський яруси (*Корреляція...2007*)

Аналіз та систематизація результатів досліджень мікрокомпонентного складу дали можливість зробити певні висновки, щодо поширення елементів-домішок (за матеріалами (*Угленосные...*, 1983; *Бартошинська, Бик та ін., 1983*)):

- у вугіллі нижнього карбону Львівсько-Волинського басейну постійно присутні Al, Ba, Ca, Fe, Ga, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Si, Sr, Ti, Zn (коефіцієнт зустрічання 100 %). Майже у всіх вугільних пробах зафіксовано As, Be, Cr, Cu, Pb, V (коефіцієнт зустрічання 97–99 %). Менше розповсюджені Co, Ge, La, Sc, Zr (коефіцієнт зустрічання 73–88 %). Незначним розповсюдженням у вугіллі користується Na, Pb (коефіцієнт зустрічання 5–27 %).

- більшість хімічних елементів, що розглядалися, знаходиться у вугіллі в кларкових концентраціях: Pb, Al, Ba, Be, Cu, Ga, La, Ni, P, Pb, Sc, Si, Sn, Sr, Ti, Zn; в поодиноких випадках вміст деяких з цих елементів перевищує кларковий.

- деякі елементи характеризуються змінним вмістом у вугіллі різних ярусів. У пластах візейського ярусу концентрація Ge вище кларкової, а в серпуховському відповідає кларку; Ca у візейському вугіллі міститься в кларкових кількостях, у серпуховських – нижче кларка. Кількість Co в пластах візейського ярусу нижче кларка,

в серпуховських – навпаки, більше; у візейському вугіллі відповідає кларку, в серпуховських – перевищує кларк. Отже, вврех по розрізу вугленосної товщі у вугіллі зростає концентрація Co, Cr, Mg, Na, Zn, V і зменшується – Ge.

Склад і концентрація компонентів у вугільних пластах і вугленосних формаціях визначаються геолого-геохімічними умовами формування вугільного пласта: складом і ступенем метаморфізму вугілля, фаціальними умовами нагромадження вугленосних відкладів, геоструктурним типом вугленосної формації, гідрогеологічним режимом і геохімією підземних вод. Унаслідок цих процесів формувалося вугілля досить різноманітного мікроелементного складу вугілля, що зумовлено: 1) значним привнесенням теригенного матеріалу; 2) достатньо частими змінами обстановок, що приводило до зміни живлення торфовищ; 3) вторинними процесами; 4) можливою гідротермальною діяльністю.

Одним з чинників, від яких залежить міграційна здатність елементів, є величина іонного радіусу. Хімічні елементи з малим іонним радіусом здатні в складі органічних кислот переміщатися на досить великі відстані (Юдович, Кертіс і др., 1985). Для оцінки зв'язку концентрації мікроелементів з областями зносу в практиці геохімічного вивчення вугільних покладів запропоновано розділяти їх за величиною іонних радіусів ( $r$ ) на три групи:  $< 0,5 \text{ \AA}$  – Ge, Cr, Be;  $0,5\text{--}0,87 \text{ \AA}$  – Ga, Mo, Ni, Co, Pb, Zn, Sn, Cu;  $> 0,87 \text{ \AA}$  – Zr, TR [6]. Ділянки торфовища, що прилягають до областей зносу, відіграють роль біохімічного бар'єру, який обмежує рухомість елементів.

На побудованих нами карто-схемах поширення окремих елементів по вугільних пластах спостерігається наступна закономірність: підвищені концентрації компонентів тяжіють до периферійних ділянок або приурочені до внутрішньоформаційних розмивів; найбільш збагаченими елементами-домішками є нижні пласти вугленосної товщі. Збагачення вугілля мікроелементами в зонах розмивів обумовлене нестабільністю умов залягання вуглетворної речовини в цих зонах (Бучинська, 2017). Торф і сапропель піддаються механічному дробленню і перемиву. Мікроелементи, які знаходяться в суспензіях (зависах) у водних потоках, що формують розмиви, інтенсивно контактують з додатковими органічними і мінеральними компонентами, і акумулюються тут внаслідок сорбційного типу концентрацій та певних фізичних і хімічних процесів. Більше «засмічення» вугілля нижніх пластів вугленосної формації визначається інтенсивністю поступлення теригенного матеріалу та епігенетичними перетвореннями вуглистої речовини, які формують певні геохімічні бар'єри, що сприяють концентрації мікроелементів. В межах цих тез продемонструємо карто-схеми поширення свинцю по пластах  $v_6$  і  $n_8$  Червоноградського геолого-промислового району ЛВБ, які підтверджують обидва ці положення (рисунок).

На картах поширення елементів по площі спостерігається закономірне зменшення концентрації всіх елементів, що досліджувалися, з північного сходу на південний захід. Основний привнос мікроелементів у палеоторфовища, що були першим етапом для утворення вугілля пластів, відбувався з північного сходу з території Українського кристалічного щита поверхнево-стічними водами. Теригенний матеріал на далеких шляхах міграції втрачає свій ресурс елементів і потрапляє у вуглетворне торфовище вже збідненим. Також поступово втрачаються і ті компоненти, що мають здатність до розчинення. При віддаленні від корінних джерел живлення досить швидко втрачаються всі ореоли розсіювання і поверхневі води досягають віддалених областей торфонагромадження вже «стерильними» (Юдович, 1978). Ділянки торфовища, що прилягають до областей зносу, відіграють роль біохімічного бар'єру, який обмежує рухомість елементів.

Вугільний пласт є неоднорідним, складається з різних за потужністю і петрографічним складом шарів, які формувалися в неоднакових умовах, що приводить до зміни петрогенетичних типів вугілля у одному пласті. Пошаровий розподіл металів у розрізі вугільних пластів відображає періодичну зміну умов водно-мінерального живлення

торф'яних покладів, яке проявляється в підсиленні або послабленні ступеня проточності або зміні концентрації водорозчинних форм елементів.

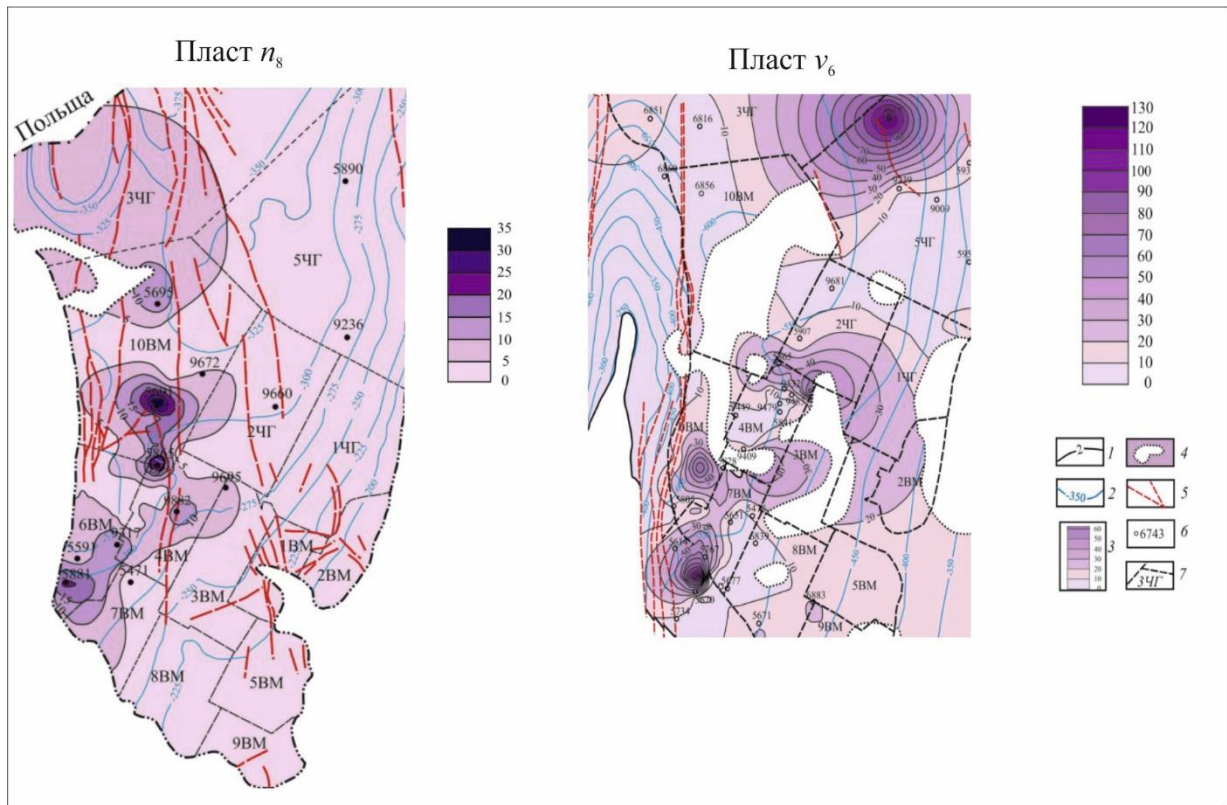


Рис. 1. Карто-схеми поширення свинцю по пластах v<sub>6</sub> і n<sub>8</sub> Червоноградського геолого-промислового району Львівсько-Волинського басейну (Бучинська, Лазар, 2015)

Відмічається зміна концентрацій приконтактних з вмісними породами пачок вугілля. Різні елементи по різному реагують на зміни умов нагромадження і контактна зона переважно стає геохімічним бар'єром. Міграція йшла як зі сторони вугільного шару, так і зі сторони вмісних порід. Значення рН середовища часто є визначним для подальшої поведінки мікроелементів у розчинах: буде він мігрувати чи утворювати певні концентрації. Також від зміни рН залежить ступінь сорбції чи десорбції елементу. Для кожного елементу існує свій вузький діапазон значень рН, в якому він міцно фіксується на сорбентах, а за межами цього діапазону він десорбується і вимивається із сорбенту. Контактні зони – це не тільки зони сильного накопичення елементів у вугіллі, але для окремих з них і зони дефіциту. Ge, Sc, Ni, V, Mo, Cr, Zr, Ti, Cu збагачуються в приконтактних шарах вугільного пласта. Умови для накопичення Ba, Sr, La, Pb, Ag, Ga, очевидно, були несприятливі і ці елементи проходили даний геохімічний бар'єр, не фіксуючись там, або виносилися, створюючи зони дефіциту (Юдович, 1978).

**Висновки.** Процеси утворення вуглетворного торфовища (площинного заболочування) визначаються тектонічними, ландшафтними і кліматичними факторами. Під впливом тектонічного чинника формується певна схема, що сприяє процесам, що передують вуглеутворенню: існує згладжений похило-хвилястий рельєф, де процеси ерозії водозборів майже припинилися; на водозборах починається формування кір вивітрювання в умовах відносного тектонічного спокою і гумідного жаркого клімату; тектонічне підняття зрізує кори вивітрювання на підняттях і продукти перевідкладення з цих кір заповнюють депресії рельєфу; в депресіях, що заповнені сипким глинистим матеріалом, піднімається рівень ґрунтових вод, наступає заболочування. Кислі активні води сприяють осадженню певних мікроелементів. Підвищені концентрації мікроелементів тяжіють до периферійних ділянок виходу пластів або приурочені до внутрішньоформацій-

них розмивів. Для вугільних пластів ЛВБ спостерігається загальне закономірне зменшення концентрації елементів з північного сходу на південний захід, що свідчить про існування переважаючої області зносу на північному сході басейну.

#### **Список використаних джерел:**

- Бартошинська Є. С., Бик С. І., Казаков С. Б. [1980] Геохімічна характеристика вугілля нижнього карбону Львівсь-ко-Волинського басейну // Геологія і геохімія горючих копалин. – № 54. – С. 84–93.
- Бик С. І. [1991] Розподіл елементів-домішок у вугіллі Львівсько-Волинського басейну // Доп. АН України. — № 12. – С. 71–74.
- Бик С. І., Гаєвський В. Г. [1991] Про зв'язок геохімічних особливостей середньокам'яновугільних відкладів Львівсько-Волинського басейну з умовами їх накопичення // Доп. АН УРСР. – № 1. – С. 105–107.
- Бик С. І., Узіюк В. І. [2000] Розподіл мікрокомпонентів у вертикальному розрізі вугільних пластів Львівсько-Волинського басейну // Геологія і геохімія горючих копалин. – № 3. – С. 63–70.
- Бучинська І., Лазар Г., Шевчук О. [2015] Свинець як елемент-домішка у вугіллі Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну // Мінералогічний збірник. – № 65. – Вип. 1 – С. 150-159
- Бучинська І. В. [2017] Вплив палеотектонічного чинника на формування мікроелементного складу вугілля Львівсько-Волинського басейну // Матеріали II міжн. наук. конф. “Геологія горючих копалин: досягнення та перспективи”. – Київ, 6–8 вересня 2017. – Київ: ІГН НАН України, ГО «Спілка геологів України», ПВНЗ “Інститут Тутковського”, 2017. – С. 39–43.
- Корреляция карбоновых угленосных формаций Львовско-Волынского и Люблинского бассейнов / В. Ф. Шульга, А. Здановски и др. [2007] – Киев : Варта – 427 с.
- Металлогения и геохимия угленосных и сланцесодержащих толщ СССР. Закономерности концентрации элементов и методы их изучения / В. Р. Клер, В. Ф. Ненахова, Ф. Я. Сапрыкин и др. [1988] – М. : Недра – 300 с.
- Перельман А. И. Геохимия [1979] – М. : Недра – 423 с.
- Угленосные формации карбона юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы / Е. С. Бартошинская, С. И. Бык и др. [1983] – Киев : Наук. думка – 172 с.
- Юдович Я. Э. Геохимия ископаемых углей [ 1978.] – Л.: Наука –262 с.
- Юдович Я. Э., Кертис М. П., Мерц А. В..Элементы-примеси в ископаемых углях [1985] – Л. : Наука – 239 с.

## УРАН-СВИНЦЕВИЙ ВІК ЗА ЦИРКОНОМ ГРАНІТУ БІОТИТОВОГО КРОПИВНИЦЬКОГО КОМПЛЕКСУ (ІНГУЛЬСЬКИЙ МЕГАБЛОК)

Висоцький О.Б.<sup>1</sup>, Степанюк Л.М.<sup>1</sup>, Шумлянський Л.В.<sup>1-3</sup>, Баран А.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України,  
пр. Палладіна, 34, Київ-142, Україна, 03142. [vysotsky@nas.gov.ua](mailto:vysotsky@nas.gov.ua)

<sup>2</sup>Institute of Geological Sciences of the Polish Academy of Sciences, Krakow, Poland;

<sup>3</sup>Curtin University, School of Earth and Planetary Sciences, Perth, Australia,

*The results of optical-microscopic study of the internal structure of zircon crystals and uranium-lead isotope dating of these crystals from crystalline rocks of the Ingul megablock (sample 12534/4), conducted at the Australian National University, Canberra, Australia, are presented. The vast majority of zircon crystals are characterized by fine "magmatic" zoning. Some crystals contain zircon relics of substrate rocks, and in single, usually opaque crystals, the central parts are isotropic. For zircon isolated from biotite porphyry-like granite, the weighted average age value according to the <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb ratio is 2056±22 Ma, which is in good agreement with the age interval of formation of granites of the kropyvnytskyi complex.*

### URANIUM-LEAD AGE BY ZIRCON OF BIOTITE GRANITE OF THE KROPYVNYTSKY COMPLEX (INGUL MEGABLOCK)

Vysotsky O.B., Stepaniuk L.M., Shumlyansky L.V., Baran A.M.

**Вступ.** Інгульський мегаблок Українського щита являє собою ділянку переважно палеопротерозойської земної кори континентального типу, розташовану між Дністрово-Бузьким та Середньопридніпровським архейськими кратонами. На території Інгульського мегаблоку за площею розвитку суттєво переважають утворення палеопротерозою, представлені інгуло-інгулецькою серією. По породах серії (родіоновська світа) розвиваються гранітоїди, виокремлені в два комплекси – новоукраїнський і кропивницький (Кореляційна хроностратиграфічна схема..., 2004).

**Об'єкти дослідження.** Для уран-свинцевого ізотопного датування нами було відібрано пробу гранітоїдів 12534/4 – граніти порфіроподібні (кропивницький комплекс), відібрані із керну свердловини 12534, гл. 50,8 м, відповідно (родіонівський профіль, залишки керну із свердловин, які зберігаються у керносковищі ІГМР НАН України).

**Методи дослідження.** В даному повідомленні наводяться результати оптико-мікроскопічного вивчення внутрішньої будови кристалів циркону та уран-свинцевого ізотопного датування кристалів акцесорного циркону із кристалічних порід Інгульського мегаблоку (проба 12534/4 кропивницький комплекс) в Australian National University, м. Канберра, Австралія. Аналітична процедура та умови U-Pb аналізу були подібними до описаних (Williams, 1998). Внутрішню будову кристалів циркону вивчали у штучних препаратах методом катодолюмінесценції та в прохідному світлі під біокуляром та поляризаційним мікроскопом.

Кристали циркону фотографували під оптичним мікроскопом Carl Zeiss Axio Imager 2 for materials та біокулярним мікроскопом SZM-45T2.

**Мета** досліджень полягала в з'ясуванні часу формування гранітів кропивницького комплексу.

**Результати та їх інтерпретація.**

**Граніти біотитові порфіроподібні кропивницького комплексу. проба 12534/4, гл. 50,8 м.** Граніт біотитовий порфіроподібний, сірий, масивний, слабо зачеплений вивітрюванням. Структура порфіроподібна з елементами мірмекітової, основної маси гіпідіоморфнозерниста, дрібно-середньозерниста. Порфіроподібні виділення складають

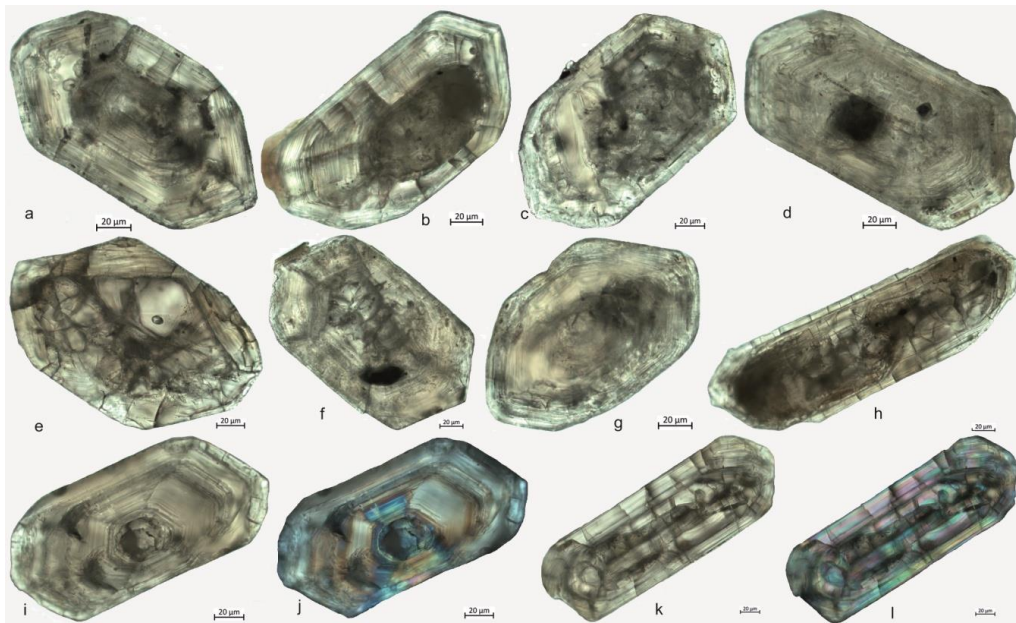
10-12% об'єму породи, представлені калієвим польовим шпатом, розміром 5-10 мм (рис.4).

Мінеральний склад породи, %: плагіоклаз 35-40, калішпат 31-36, кварц 20-24, біотит 12-15, мусковіт до 1. Вторинні: серицит, мусковіт, кварц, хлорит, епідот. Акцесорні: апатит, циркон.

Циркон – переважно призматичні і коротко-призматичні кристали (Квид. від 1,2-2.0 до 2,5) зрідка трапляються видовжено-призматичні з Квид. до 4-5. Огранення переважної більшості кристалів просте, обумовлене комбінацією граней тупих біпірамід і граней однієї із призматичного поясу. В окремих кристалах у формування голівок беруть участь грані гострих піпірамід. Кристалам в цілому є характерними заокруглені контури, насамперед голівки і ребра призматичного поясу. Поверхня граней рівна, блискуча, втім у багатьох шагренева.

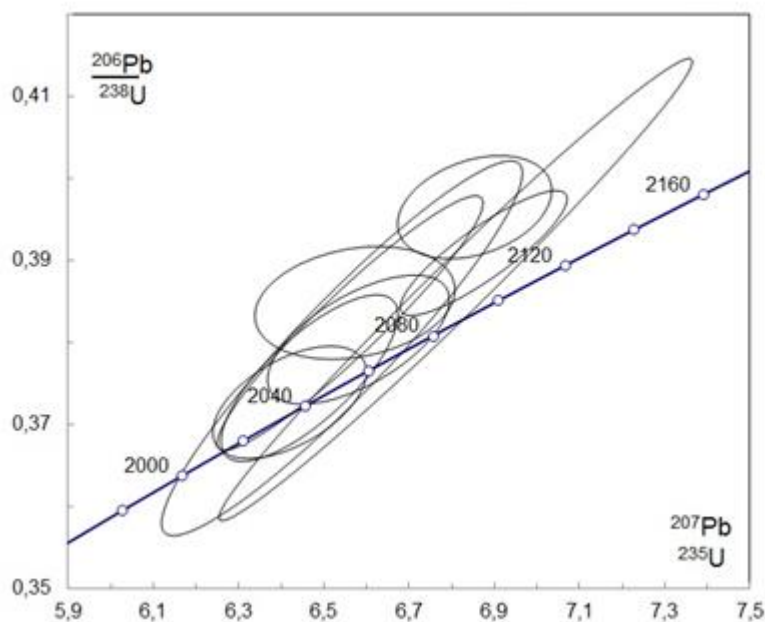
За кольором спостерігається широка гама, від блідо-коричневих, світло-коричневих напів-прозорих до сірувато-коричневих і коричневих не прозорих. Блиск скляний.

У полірованих зрізах переважна більшість кристалів циркону характеризується тонкою «магматичною» зональністю (рис. 1 a-d, i, j). В деяких кристалах присутні релікти циркону порід субстрату (рис.1 e-h, k, l). В поодиноких, зазвичай не прозорих кристалах, центральні частини ізотропізовані (рис.1 b, c).



**Рис. 1.** Мікрофотографії полірованих зрізів кристалів циркону із порфіроподібного граніта, проба 12534/4 (родіонівський профіль, св. 12534, гл. 50,8 м.) просвічуючий поляризаційний мікроскоп, за одного ніколя (a-l, k) та з аналізатором (j, l)

Аналітичні результати уран-свинцевого ізотопного датування центральних ділянок кристалів циркону із граніту наведені на рис.2 (проба 12534/4) .



**Рис. 2.** Уран-свинцева діаграма з конкордією для кристалів циркону із порфіроподібного граніту, проба 12534/4

Дискордантність віку коливається від 18,7% до -79,4 %, числові значення віку (від  $2331 \pm 31$  до  $1875 \pm 96$ ) млн рр, в тім дискордантність менше 3% мають 10 із 15 датувань. Середнє зважене значення віку за відношенням  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ , розраховане для 13 датувань, дискордантність яких менше 10% складає  $2056 \pm 22$  млн рр. Що добре узгоджується з датуваннями цирконів із гранітів кропивницького (кіровоградського) комплексу (Щербак, 1995; Щербак, 2008; Шумлянський, 2015).

### Висновки.

Порфіроподібні граніти, що розвиваються по породам родіонівської світи сформувалися у палеопротерозої (2060-2040 млн років тому) впродовж кропивницького етапу.

### Список використаних джерел:

- Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита [2004] К.Ю. Єсипчук, О.Б. Бобров, Л.М. Степанюк – Київ, УкрДГРІ, – 30 с.
- Шумлянський Л.В., Петренко О.В. [2015], *Геолого-мінералогічний вісник Криворізького національного університету*, № 1 (33), с. 80-87.
- Щербак Д.Н., Пономаренко А.Н., Макаренко И.Д. [1995] Геохронология гранитоидов Ингуло-Ингулецкого мегаблока Украинского щита. Геохимия и рудообразование, Вып. 1. С. 74-88.
- Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко А.Н., Шумлянський Л.В. [2008]. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Протерозой. Киев: Наук. думка. 239 с..
- Williams, I.S., [1998]. U-Th-Pb geochronology by ion microprobe. In: Mckibben, M.A., Shanks, W.C., Ridley, W.I. (Eds.), *Applications of Microanalytical Techniques to Understanding Mineralizing Processes*. Review in Economic Geology, 7, 1–35.
- комплексу.

## ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ ТЕРМОБАРОГЕОХІМІЧНИХ ТА ІЗОТОПНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У МОДЕЛЮВАННІ ПРОЦЕСІВ УТВОРЕННЯ КОРИСНИХ КОПАЛИН (на прикладі еоценового басейну Давенкоу)

Галамай А.Р., Сидор Д.В., Максимук С.В.

Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, [galamaytolik@ukr.net](mailto:galamaytolik@ukr.net),  
[dariyasydor@gmail.com](mailto:dariyasydor@gmail.com), [danaarsen@ukr.net](mailto:danaarsen@ukr.net)

*Integrated thermobarogeochemical and isotopic investigations of the evaporite sequences in the eastern Chinese Dawenkou Basin have proven highly informative for addressing long-standing questions concerning both the overall genesis of evaporites and the specific processes of salt mineral formation.*

### APPLICATION OF THERMOBAROGEOCHEMICAL AND ISOTOPIC DATA TO THE MODELING OF ORE FORMATION PROCESSES: A CASE STUDY FROM THE EOCENE DAWENKOU

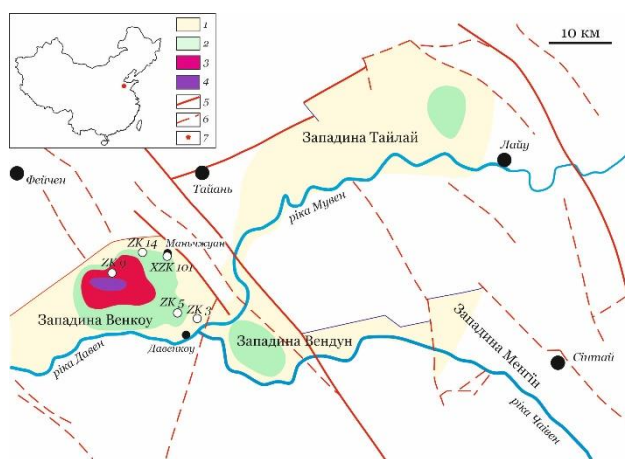
Galamay A.R., Sydor D.V., Maksymuk S.V.

**Вступ.** Соленосний басейн Давенкоу розміщується на Сході Китаю в провінції Шаньдун. Хоча його площа лише 320 км<sup>2</sup>, проте у ньому міститься 15 млрд. т. гіпсу на площі 135 км<sup>2</sup>, 1,5 млрд. т. галіту на площі 36 км<sup>2</sup>, 9 млн. т. калійно-магнієвих солей на площі 5 км<sup>2</sup> і 0,25 млрд. т. природної сірки на площі 40 км<sup>2</sup> (Wang *et al.*, 2003). Через фрагментарність і неоднозначність інтерпретації результатів мікропалеонтологічних досліджень та відсутність даних про хімічний склад седиментаційних розсолів, про джерела солей у басейні Давенкоу дотепер точаться суперечки. Також дискусійним для цього басейну є питання формування мінерального складу соленосних відкладів, що містять солі високих стадій згущення ропи.

Термобарогеохімічні дослідження включень у галіті дозволяють відновити всі основні фізико-хімічні параметри середовища давнього осадоагромадження на різних стадіях згущення розсолів та встановити параметри постседиментаційного середовища. Мета роботи: на підставі отриманих даних термомарогеохімічного дослідження галіту і ізотопних даних ангідриту басейну визначити джерела його солей, особливості галогенезу і постседиментаційного мінералогенезу.

**Об'єкт і методи дослідження.** Для досліджень відібрано зразки галіту і ангідриту із св. ХЗК-101, що пробурена в 2018 р. Геологічною службою Південного Шаньдуна коло м. Маньчжуан (рис. 1). Крім ангідриту, кам'яної солі, у розрізі свердловини наявні глауберит, мірабіліт, нафтові сланці та аргіліти.

Галіт є унікальним мінералом осадових порід загалом, і соленосних, зокрема. Його унікальність полягає у наступному: а) переважно, лише у цьому мінералі осадових відкладів встановлено скелетні форми, що чітко ідентифікуються як седиментаційні. Вони містять численні флюїдні включення, які по суті являються мікрокраплинами солеродних басейнів, захопленими під час кристалізації мінералу; б) галіт – головний породотвірний мінерал евапоритів, під час галогенезу він супроводжує кристалізацію соляних мінералів до евтонічної стадії згущення розсолів; в) на постседиментаційній стадії у галіті утворюються вторинні флюїдні включення, розсоли яких характеризують фізико-хімічні процеси під час літифікації відкладів.



**Рис. 1.** Схематична фаціальна карта басейну Давенкоу: 1 – гіпси/ангідрити; 2 – мулистий доломіт; 3 – кам'яна сіль; 4 – К-Mg солі; 5 – розломи першого порядку; 6 – розломи другого порядку; 7 – розміщення району дослідження на мапі Китаю

Хімічний склад розсолів флюїдних включень досліджено ультрамікрохімічним методом. Метод дозволяє аналізувати видобуті скляними капілярами із включень мікрооб'єми (мінімально  $0,0003 \text{ мм}^3$ ) розсолів та вважається передовим серед інших методів (LA-ICP-MS, Cryo-SEM-EDS, ESEM-EDS, Extraction-IC) визначення кількісного хімічного складу розсолів включень у солях. Похибка визначення одного іону у розсолі ультрамікрохімічним методом становить 10–16% (Galamay et al., 2020).

Співвідношення стабільних ізотопів сірки і кисню ( $\delta^{34}\text{S}$  і  $\delta^{18}\text{O}$ ) ангідриту соленосних відкладів встановлено в Інституті геології та геофізики Китайської Академії наук (IGGCAS) на газовому мас-спектрометрі Finnigan Delta S. Для аналізу ізотопу сірки застосовувався модифікований метод Халаса і Шаран (Halas, Szaran, 1999). Результати ізотопів сірки відтворюються в межах  $\pm 0,3\%$ . Значення  $\delta^{18}\text{O}$  були обчислені шляхом нормалізації складу  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  у зразку до значення Vienna Standard Mean Ocean Water (VSMOW). Усі отримані значення відтворювані до  $0,2\%$ .

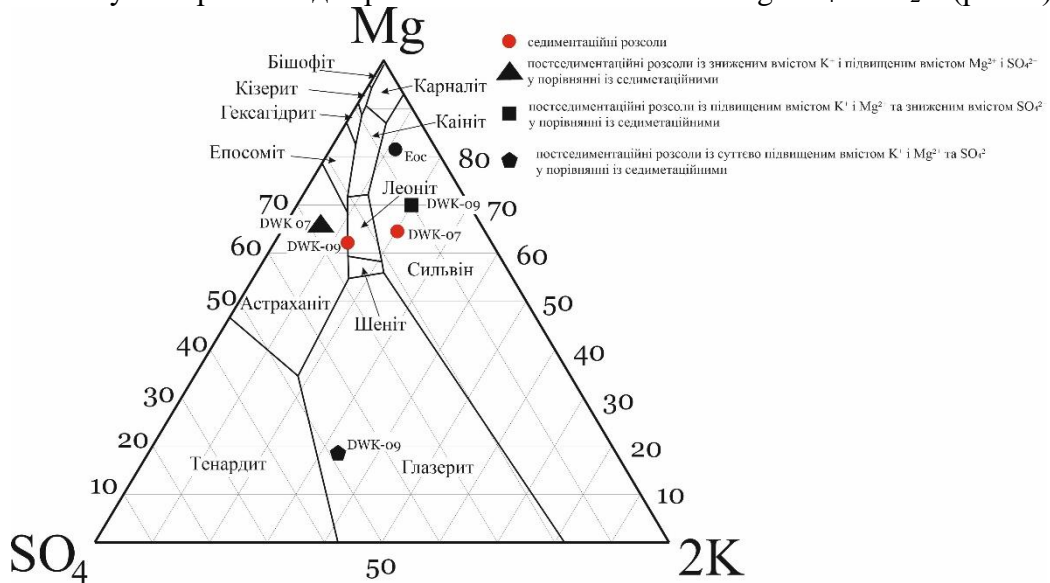
**Отримані результати.** У галіті виявлено однофазові (рідкі) та багатофазові флюїдні включення. Багатофазові містять такі самостійні фази: розсіл, газ, водорості, теригенний матеріал, дрібні анізотропні кристалики, рідкі вуглеводні. Форма включень у галіті кубічна, близька до кубічної чи неправильна. Вони розміщуються у зонах седиментаційних структур придонного галіту, хаотично у водяно-прозорому галіті, по площинах спайності мінералу та вздовж системи численних січних тріщин.

У хімічному складі седиментаційних розсолів вміст (г/л)  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  і  $\text{SO}_4^{2-}$  коливається в межах відповідно: 27,6–32,9; 41,5–32,7; 66,6–30,7. Хімічний склад постседиментаційних розсолів характеризується широким коливанням вмісту (г/л)  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  і  $\text{SO}_4^{2-}$ , який становить для кожного з іонів відповідно: 25,1–56,2; 18,5–106,0; 2,5–124,6. Значення  $\delta^{34}\text{S}$  ангідриту басейну Давенкоу коливаються від +10,9 до +35,7 ‰ (CDT), а ізотопні дані кисню ангідриту знаходяться у діапазоні +14,7 – +19,4‰.

**Інтерпретація результатів.** В еоценових морських евапоритах значення  $\delta^{34}\text{S}$  і  $\delta^{18}\text{O}$  ангідриту коливається в межах +10,9–+22,4‰ (Claypool et al., 1980). Отже, отримані значення  $\delta^{34}\text{S}$  лише частково знаходяться в межах нормальних морських значень. Обважчення ізотопного складу сірки ангідриту басейну могло відбуватися як в результаті бактеріального відновлення сульфату так і, передусім, через розчинення і перевідкладення раніше утворених гіпс/ангідритових відкладів. Очевидно, що оточуючі басейн гори І-Мен, які містять гіпс кембрійського і ордовицького віку (Xiao et al., 2010) були основним джерелом сульфат-іону для розсолів басейну. Хоча процес їхнього вилуговування не призводив до фракціонування ізотопів сірки, однак  $\delta^{34}\text{S}$  води розчинника істотно змінювався в залежності від  $\delta^{34}\text{S}$  порід і мінералів, що вилуговувалися. Таким чином, підвищення  $\delta^{34}\text{S}$  ангідриту басейну до +35,7‰ спричинялось перевідкладенням кембрійських сульфатних порід. Змішуючись з легшим сульфатом морської чи річкової

води, сульфат вилуговування мав проміжний, більш обважчений (щодо морського чи річкового) ізотопний склад Сірки.

Для встановлення подібності складу розсолів басейну із морською водою відповідного віку використана діаграма Єнеке системи Na-K-Mg-SO<sub>4</sub>-Cl-H<sub>2</sub>O (рис. 2).



**Рис. 2.** Розташування точок складу розчинів включень у галіті на діаграмі Єнеке для морської води, насиченої по галіту при 25°C (Eugster, 1980). Еос – точка складу еоценових морських розсолів, згущених до стадії осадження галіту (Ayora et al., 1994)

Оскільки розсоли басейну відрізняються від еоценових морських підвищеним вмістом сульфату, вони на хімічній діаграмі Єнеке розміщуються нижче точки складу морської води еоцену.

Отже, розташування точок хімічного складу розсолів басейну Давенкоу нижче точки складу морської води еоцену зумовлено надходженням надлишкового SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> внаслідок вилуговування кембрійсько-ордовицьких гіпсів суходолу.

**Соляний мінералогенез.** З соляних мінералів, крім галіту, у басейні Давенкоу виявлені: глауберит, тенардит, полігаліт, левеїт, вантгофіт, астраханіт, кізерит, афтіталіт, лангбейніт, а у літологічному розрізі досліджуваної ділянки серед евапоритових мінералів виявлено лише галіт, ангідрит, мірабіліт та глауберит. Проте, седиментаційні розсоли досліджуваної ділянки характеризуються високим вмістом K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> та SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (заключних стадій осадження галіту), що свідчить про те, що, крім галіту та сульфатів натрію/кальцію (мірабіліту, глаубериту, гіпсу), сульфати магнію (наприклад, гексагідрит) та хлориди калію (наприклад, сильвін) могли осаджуватися на суміжних ділянках у басейні, де умови седиментації для них були сприятливими. Для осаження епсоміту вміст Магнію у розсолах має перевищувати 73 г/л, а вміст SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> становити понад 90 г/л; для осаження сильвіну вміст Калію у розсолах має перевищувати 33 г/л (McCaffrey et al., 1987).

Знижений вміст SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> в окремих зразках пов'язаний із надходженням у басейн слабомінералізованих вод, які містили у своєму складі Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. У результаті притоку таких вод відбувалось висолювання гіпсу або глаубериту (в залежності від співвідношення Ca/Na седиментаційних розсолів). Оскільки у літологічній колонці досліджуваної ділянки на різних рівнях зустрічається ангідрит і глауберит, це свідчить про коливання співвідношення Ca/Na седиментаційних розсолів. Більш ніж дворазове зниження вмісту SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> у зр. DWK-7 (у порівнянні із його вмістом у зр. DWK-9) пов'язано, переважно, з висолюванням гіпсу, кристали якого представлені у галіті зразка.

Виявлені у галіті системи тріщин виникли внаслідок тектонічної активності та були шляхами проникнення флюїдів у кристали галіту. Перекристалізація галіту відбувалась за підвищеного тиску, який в десятки разів (встановлено по «закіпанню» розсолів

у момент розгерметизації включень) перевищував нормальний атмосферний. Вплив тектонічного фактору на соленосні відклади зафіксований у слідах переміщення великих флюїдних включень та роздробленості анізотропних кристалів у галіті. У соленосній товщі циркулювали розсоли наступного складу: а) із суттєво підвищеним (відносно седиментаційних) вмістом  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  і  $SO_4^{2-}$ ; б) із підвищеним вмістом  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  та зниженим сульфат-іону; в) із зниженим вмістом  $K^+$  і підвищеним –  $Mg^{2+}$  і  $SO_4^{2-}$ ; г) із зниженою концентрацією усіх іонів. У складі розсолів окремих включень вміст  $Mg^{2+}$  значно підвищений. Розміщення точок хімічного складу розсолів вторинних включень вказує на те, що хімічний склад цих включень успадкований від седиментаційних розсолів та у різній мірі змінений постседиментаційними процесами (див. рис. 2). Встановлені у включеннях розсоли з аномально високим вмістом Магнію (106 г/л), очевидно, є залишковими розсолами (продуктами реакції) при утворенні лангбейніту за рахунок нестабільних седиментаційних гексагідриту та сильвіну. Ці розсоли залишали межі калійних шарів суміжних районів басейну, мігруючи на досліджувану ділянку по системах тріщин.

**Висновки.** Встановлено особливості галогенезу і постседиментаційного мінералогенезу басейну Давенкоу (Східний Китай). Свідченням морської трансгресії в басейні є подібність співвідношення іонів у розсолах із морськими розсолами еоцену. Основним джерелом сульфатів у розсолах були кембрійсько-ордовицькі гіпси суходолу. Значне коливання вмісту іонів у розсолах обумовлювалося фізико-хімічними процесами у солеродному басейні, зокрема висолюванням гіпсу та глаубериту під час галітової седиментації.

За результатами дослідження постседиментаційних розсолів встановлено формування у басейні лангбейніту за рахунок нестабільних седиментаційних гексагідриту та сильвіну. Хоча калійно-магнієві солі на досліджуваній території басейну не кристалізувалися, дані складу розсолів вторинних флюїдних включень у галіті вказують на знаходження у безпосередньо дотичних до неї ділянках полігалітових, кізеритових і лангбейнітових шарів серед соленосних відкладів.

#### **Список використаних джерел:**

- Ayora C., Garcia-Veigas J., Pueyo J.J. [1994] The chemical and hydrological evolution of an ancient potash-forming evaporite basin as constrained by mineral sequence, fluid inclusion composition, and numerical simulation // *Geochim. Cosmochim. Acta.* – Vol. 58. – P. 3379–3394.
- Claypool G.E., Holser W.T., Kaplan I.R., Sakai H., Zak I. [1980] The age curves of sulfur and oxygen isotopes in marine sulfate and their mutual interpretation // *Chem. Geol.* – Vol. 28. – P. 199–260.
- Eugster H.P. [1980] Geochemistry of evaporitic lacustrine deposits // *Annual Review of Earth and Planetary Sciences.* – Vol. 8. – P. 35–63.
- Galamay A.R., Bukowski K., Sydor D.V., Meng F. [2020] The Ultramicrochemical Analyses (UMCA) of Fluid Inclusions in Halite and Experimental Research to Improve the Accuracy of Measurement // *Minerals.* – Vol. 10 (9), 823.
- Halas S., Szaran J. [1999] Low-temperature thermal decomposition of sulfate to  $SO_2$  for on-line  $^{34}S/^{32}S$  analysis // *Anal. Chem.* – Vol. 71 (15). – P. 3254–3257.
- McCaffrey M.A., Lazar B., Holland H.D. [1987] The evaporation path of seawater and the coprecipitation of Br and K with halite // *Journal of Sedimentary Petrology.* – Vol. 57. – P. 928–937.
- Wang Z.J., Li Q., Li Z.C. [2003] Potentiality evaluation of gypsum resource in Dawenkou Basin in Tai'an City and suggestion on ore need predication and exploration // *Land and Resources in Shangdong Province.* – Vol. 19 (5). – P. 23–25.
- Xiao B.J., Liu A.T., Zhang Y.Y., Dong W.H. [2010] Geological characteristics of Xiaotun Gypsum deposits in Zhangfanxiang of Zaozhuang City in Shandong Province // *Land and Resources in Shangdong Province.* – Vol. 26 (5). – P. 12–15.

## **НИЖНЬОЕОЦЕНОВИЙ ЛІТОГЕНЕЗ ФОНОВИХ УТВОРЕНЬ ЗОВНІШНЬОКАРПАТСЬКОГО ПАЛЕОБАСЕЙНУ (УКРАЇНСЬКІ КАРПАТИ)**

*Генералова Л.В., Генералов А.В., Костюк О.В.*

*Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів,  
larisa.generalova.geo@gmail.com; [anton.heneralov@lnu.edu.ua](mailto:anton.heneralov@lnu.edu.ua);  
[oleksandr.kostyuk@lnu.edu.ua](mailto:oleksandr.kostyuk@lnu.edu.ua)*

*The authors studied the Lower Eocene flysch of the Manyava formation of Skiba and Boryslav-Pokut nappes of the Outer Carpathians. They consist of layers of background hemipelagites represented by argillites and episodic turbidites characterized by sandstones. In the studied background argillites of the Lower Eocene, montmorillonite and chlorite account for the predominant part of the volume of rock-forming minerals. This indicates a high probability of the contribution of the femic magmatic component to the background petrophrase of their lithogenesis. On the paleodynamic discriminant diagrams, the figurative points of the Lower Eocene argillites form distribution trends that cover the petrochemical fields of geodynamic conditions from passive to active margins of the sedimentation basin. The results obtained confirm the complex mixed volcanogenic-sedimentary lithogenesis in the Lower Eocene Outer Carpathian sedimentary basin.*

### **LOWER EOCENE LITHOGENESIS OF BACKGROUND FORMATIONS OF THE OUTER CARPATHIAN PALEOBASIN (UKRAINIAN CARPATHIANS)**

*Heneralova L.V., Heneralov A.V., Kostyuk O.V.*

**Вступ.** Дослідження осадових, зокрема флішових порід, за використання сучасних методів седиментаційного та речовинного аналізів розширюють уявлення про їх генезис та сприяють удосконаленню моделей тектоно-седиментаційної еволюції басейнів. Важливу роль у вивченні флішових комплексів відіграють пелітові породи. Вони за структурно-текстурними ознаками належать до фонових відкладів басейна і містять інформацію про події, які в ньому відбувались.

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення.** Вивчення процесів утворення флішових утворень Українських Карпат за використання сучасних методів седиментаційного аналізу відомі з 60-х років минулого століття. Виконані роботи дали змогу дійти розуміння, що фліш нагромаджується внаслідок седиментаційних процесів, зумовлених дією сил гравітації і породжених гравітаційних потоків в приконтинентальних областях (Гнилко, 2010, Posamentier, Walker, 2006). Процеси літогенезу флішових утворень консервуються різновидами осадів, які відомі як літодинамічні (генетичні, фаціальні) типи. Виокремлюють декілька груп літодинамічних типів відкладів. Одна група – це осади субвертикальних потоків типу «частинка за частинкою». Вони представлені пелагітами і геміпелагітами і належить фоновим відкладам. Друга група охоплює осади епізодичних гравітаційних потоків (гравітити: турбідити, греїніти, дебрити, олістостроми), які акумулюють перевідкладений матеріал. Фонові та епізодичні відклади ритмічно-циклічно перешаровуються і акумулюються в позашельфових обстановках. Сучасні дослідники реконструювали палеоокеанографічні процеси осадконагромадження відкладів верхньокрейдово-еоценових флішових відкладів Зовнішніх Карпат за форамініферовими асоціаціями. За їх матеріалами в зазначений час відклади формувались у морському басейні нормальної солоності на глибинах нижньої батіалі–абісали поблизу або нижче рівня карбонатної компенсації (Гнилко та ін., 2021).

*Мета дослідження* полягає в аналізі седиментологічних особливостей

нижньоеоценових фонових аргілітів у Скибового і Бориславсько-Покутського покривів, уточненні складу і палеодинамічних умов літогенезу за результатами узагальнення петрохімічних даних

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Автори дослідили фонові аргіліти нижньоеоценової манявської світи методами геологічного картування, рентгеноструктурного, седиментологічного, літостратиграфічного, петрогеохімічного, палеогеодинамічного аналізів. Використані літературні джерела та картографічні матеріали. Для характеристики петрохімічних параметрів аргілітів використано аналізи фракції менше 0,001 мм з породних комплексів манявської світи, відомі за джерелами (Габинет и др., 1976; Павлунь та ін., 2024).

Для еволюції розуміння палеогеодинамічного становлення території вивчення важливу роль відіграла тектонічна схема і модель геологічної розвитку Українських Карпат з позицій тектоніки плит, складена О.М. Гнилком (Гнилко та ін., 2021).

**Отримані результати, їх обговорення.** Район досліджень знаходиться у межиріччі Дністер та Свіча у Скибовому та Бориславсько-Покутському покривах. Вивчались стратиграфічні розрізи нижньоеоценових (верхній танет–нижній іпр) утворень манявської світи (250–350 м). Вона залягає згідно на масивних і товстошаруватих світло-сірих, жовтуватих пісковиц середньо-верхньопалеоценової ямненської світи і перекрита псамітами нижньо-середньоеоценовою (верхній іпр-лютет) вигодської світи (Гнилко та ін., 2021). Манявська світа представлена середньо- та тонкоритмічним флішем, для якого типові турбідити (пісковики, алевроліти, аргіліти) з елементами цикліту А. Боума  $T_{bcd}$ , які перешаровуються з (геми)пелагітами (вишнево-червоними та зеленкувато-сірих аргілітами з лінзами та прошарками халцедонітів). (Гемі)пелагіти є фоновими аргілітами, що мають гомогенну масивну текстуру або тонку горизонтальну ламінацію, яка свідчить про повільну акумуляцію з субвертикальних потоків. У складі аргілітів манявській світи наявні такі мінерали: 36,0–74,1 % гідрослюда, 2,3–34,0 % монтморилоніту, хлориту 4,4–29,05 % (Габинет и др., 1976; Павлунь та ін., 2024).

Петрохімічні параметри аргілітів манявської світи схарактеризовано за класифікаційною діаграмою для систематизації глинистих порід (Павлунь та ін., 2024). На ній корелюються модулі нормованої лужності (НКМ) та фемічності (ФМ):  $(Na_2O+K_2O)/Al_2O_3-(FeO+Fe_2O_3+MnO+MgO)/SiO_2$ . На діаграмі фігуративні точки складу аргілітів манявської світи головно локалізуються в полі II з переважанням монтморилоніту, полі IV, з домінуванням мінеральних асоціацій хлорит-гідрослюдистого складу, та полі V, яке характеризується стандартною трикомпонентною сумішшю хлорит+ монтморилоніт+гідрослюда. Така локалізація складів фігуративних точок аргілітів інтерпретується нами як дуже поступовий перехід від суттєво монтморилонітових (сметитових) аргілітів до трикомпонентної суміші хлорит+ монтморилоніт+гідрослюда.

Для типізації палеогеодинамічних обстановок осадоагломерації Зовнішньокарпатського басейну за петрохімічними параметрами фонових (геми)пелагітів (аргілітів) використано модульні діаграми.

На бінарній діаграмі  $(FeO^*+MgO)-TiO_2$  за (Bhatia, 1983) фігуративні точки складу аргілітів манявської світи концентруються в полі B, яке відповідає геодинамічним обстановкам континентальних острівних дуг та локаціям поблизу від нього. Частина точок тяжіє до класифікаційної області океанічних острівних дуг (A) та її окраїн.

Такий же характер розміщення фігуративних точок складу аргілітів манявської світи спостерігаємо на діаграмі Бхатія  $(FeO^*+MgO)-Al_2O_3/SiO_2$  (Bhatia, 1983).

На мультикомпонентній дискримінаційній діаграмі F1–F2 за (Bhatia, 1983) фігуративні точки складу нижньоеоценових аргілітів головно розміщуються в полях

пасивних континентальних окраїн (PM), континентальних вулканічних дуг (CIA), активних континентальних окраїн (ACM) , формуючи субвертикальний тренд в інтервалі значень  $F1 = 1,14...-1,90$ .

На дискримінантній палеогеодинамічній діаграмі CaO–Na<sub>2</sub>O–K<sub>2</sub>O за (Bhatia, 1983) результати петрохімічних аналізів аргілітів манявської світи виокремлюються у дві групи фігуративних точок. Одна група потрапляє у поле пасивної континентальної окраїни, друга група локалізується на межі полів океанічних і континентальних острівних дуг.

Наявність двох груп петрохімічних параметрів у складі (гемі)пелагітів, імовірно, слід розглядати як результат доміантного впливу відмінних джерел мінеральної речовини на літогенез аргілів манявської світи: гіпергенного та гіпогенного. Таке ж розміщення фігуративних точок аргілітів манявської світи спостерігаємо на бінарній діаграмі SiO<sub>2</sub>–K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O за (Roser, Korsch, 1986) .

Нами схарактеризований один нижньоеоценовий епізод розподілу петрохімічних даних у фонових утвореннях конвергентного Зовнішньокарпатського басейну. Подібний тред розподілу петрохімічних компонентів в загальних рисах притаманний верхньокрейдово-еоценовим флішовим породам в цілому Зовнішніх Карпат (Павлунь та ін., 2024). З літературних джерел відомо, що тотожні тенденції розподілу петрохімічних складів пелітових порід описані для крейдово-олігоценових аргілітів конвергентного Сицилійського домену та ранньонеопротерозойських (верхній рифей–венд) глинистих утворень Єнісейського пасма.

Про змішаний вулканогенно-осадовий характер нижньоеоценового літогенезу Зовнішньокарпатського басейну свідчать утворення рудної (залізоманганової) мінералізації, які генеровані активізацією синседиментаційних розривних порушень басейну седиментації. На гідридний літогенез вказують підвищені вмісти елементів «мантійної» асоціації (Mn, Fe), Co, Ni, Cu, Zn, Ag у рудних утвореннях та строкатоколірних аргітах (Павлунь та ін., 2024). Звертають увагу помітний вміст глауконіту в уламках пісковиків манявської світи, скремнілість порід, наявність прошарків халцедонолітів. В аргілітах манявської світи відмічається наявність автигенного Fe-монтморилоніт та хлориту, які за сучасними даними супроводжують формування металоносних осадів океанів і є індикатором гідротермальних процесів. Ці ознаки свідчать про закамфльований вплив ендегенного чинника речовини на процеси літогенеза Зовнішньокарпатського басейна.

При мікропалеонтологічних дослідженнях у нижньоеоценових строкатоколірних аргілітах спеціалісти звернули увагу на малі розміри форамініфер та дрібнозернисту структуру стінки їх черепашок. За їх думку розвиток карлікових форм і особливості структури їх мушль, пов'язані із зміною екологічних умов існування організмів (Гнилко С., Гнилко О., 2010). Ми підтримуємо їх погляд щодо екологічного впливу, вираженого в зміні гідродинаміки седиментаційних донних потоків в басейні, проте не виключаємо оліготрофічних наслідків на життєдіяльність форамініфер ендегенної (гідротермальної) активності в Скибовому та Бориславсько-Покутській частинах Зовнішньокарпатського басейну.

Нижньоеоценовий період в розвитку Зовнішньокарпатського басейну в океані Тетис належить до періоду його максимального поглиблення за індивідуалізації між окраїнами мікроконтинентів Алькапа та Тисія–Дакія з південного заходу та пасивною окраїною Євразії з північного сходу. В середньому-пізньому еоцені окраїни активізують зближення між собою та з Євразією, поступово закриваючи басейн та формуючи флішово-моласова композиційну акреційну призму (насувну споруду) Зовнішніх Карпат (Гнилко та ін., 2021).

**Висновки.** Виконані дослідження дали змогу уточнити мінеральний склад фонових нижньоеоценових аргілітів манявської світи Скибового та Бориславсько-Покутського покривів, які належали Зовнішньокарпатського басейну. У вивчених

фонових аргілітах нижнього еоцену монтморилоніту та хлориту належить переважаюча частина об'єму породоутворюючих мінералів порід. Це вказує на високу вірогідність внеску у фоновий петрофонд їх літогенезу фемічної магматичної складової. На палеодинамічних дискримінантних діаграмах фігуративні точки нижньоєоценових аргілітів Скибового та Бориславсько-Покутського покривів формують тренди розподілу, які охоплюють петрохімічні поля геодинамічних обстановок від пасивних до активних окраїн басейну седиментації. Магматогенний матеріал, по якому розвивався монтморилоніт (і частково хлорит) у вивчених фонових аргілітах міг походити з різних джерел. Ендогенні джерела магматичного матеріалу ініційовані конвергентними тектонічними подіями Зовнішньокарпатського басейну та реалізовані як прояви вулканічної (ексгалаційної, експлозивної) та гідротермальної активності вздовж розривних зонах. Отримані результати свідчать про складний змішаний вулканогенно-осадковий нижньоєоценовий літогенез в басейні осадконагромадження.

**Список використаних джерел:**

- Габинет М.П., Кульчицкий Я.О., Матковский О.И. Геология и полезные ископаемые Украинских Карпат [1976] – Т. 1. – Львов – 200 с.
- Гнилко О.М. [2010] Про седиментаційні процеси формування флішевих відкладів Українських Карпат // Зб. наук. праць Ін-ту геологічних наук НАН України. – Київ. – Вип. 3. – С. 32–37.
- Гнилко С., Гнилко О. [2010] Ранньоєоценові аглютиновані форамініфери і седиментологічні особливості формування флішу Монастирцького та Скибового покривів Українських Карпат // Геологія і геохімія горючих копалин. – № 1(150). – С. 43–59.
- Гнилко О., Гнилко С., Кулянда М., Марченко Р. [2021] Тектоно-седиментаційна еволюція передової частини насувної споруди Українських Карпат // Геологія і геохімія горючих копалин. – №1–2 (183–184). – С. 45–59. <https://doi.org/10.15407/ggcm2021.01-02.045>
- Павлунь М. М., Генералов А.В., Генералова Л.В., Костюк О.В. [2024] Верхньокрейдово-нижньоєоценові аргіліти Зовнішніх Карпат (петрохімічний та палеогеодинамічний аспекти) // Геологічний журнал. – № 3 (388). – С. 31–47. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.3.304322>
- Bhatia M.R. [1983] Plate Tectonics and Geochemical Composition of Sandstone // The Journal of Geology. – No 91. – P.611–627. <http://dx.doi.org/10.1086/628815>
- Posamentier H.W., Walker R.G. [2006] Deep-Water Turbidites and Sub-marine Fans Facies Models Revisited // SEPM Special Publication. – No. 84. – 122 p. <https://doi.org/10.2110/pec.06.8>
- Roser B.D., Korsch R.J. [1986] Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO<sub>2</sub> content and K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O ratio // J. Geol. – No 94. – P. 635–650.

## ЛІТОФАЦІАЛЬНА ЗОНАЛЬНІСТЬ КЕРЛЕУТСЬКИХ ВІДКЛАДІВ АЗОВО-ЧОРНОМОРСЬКОГО ОСАДОВО-ПОРОДНОГО БАСЕЙНУ

Гнідець В.П., Григорчук К.Г., Ревєр А.О., Кохан О.М.

Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів,  
[vgnidets53@gmail.com](mailto:vgnidets53@gmail.com); [kosagri@ukr.net](mailto:kosagri@ukr.net); [kohanom8@gmail.com](mailto:kohanom8@gmail.com)

*As a result of the conducted research, the spatio-age features of the lithologic-lithologic structure of the Kerleut stratum of the Maykop of the Azov-Black Sea sedimentary and rock basin were clarified. Four lithological complexes were distinguished: sand-siltstone (clastogens over 60%); siltstone (50–60%); argillite-siltstone (40–60%) and argillite (less than 40%), which are characterized by the regularity of replacement from the marginal parts to the depocenters of the depression. The specificity of the lithological structure of the Kerleutskaya stratum was revealed, the sections of which are composed of 20–84 lithmites of regional, zonal and local distribution, 20–200 m thick, siltstone (23%), mixed (22%) and clayey (55%) fields. Several levels of development of different-rank siltstone-sand units (K1–K2–K3–K4) have been identified, and the features of their spatial distribution have been established.*

### LITOFACIAL ZONING OF THE KERLEUT DEPOSITS OF THE AZOV-BLECK SEA SEDIMENTARY BASIN

*Hnidec V.P., Hryhorchuk K.G., Rever A. O., Kokhan O.M.*

**Вступ.** У складі майкопського осадового комплексу Азово-Чорноморського осадово-порідного басейну відклади середнього майкопу є найбільш цікавими в економічному аспекті, а їх перспективність доведена відкриттям численних родовищ нафти та газу як на теренах Рівнинного Криму, так і Керченського півострова (Іванюта, 1998).

**Попередні дослідження, формулювання проблеми, актуальність та шляхи її вирішення.** Геологія майкопських відкладів Азово-Чорноморського басейну вивчена вкрай нерівномірно. Найдетальніше вони досліджена на теренах Рівнинного Криму, Північного та Західного Причорномор'я, Керченського півострова. Найменше – в межах акваторій Чорного та Азовського морів. У роботах попередніх років було розглянуто низку питань з геології відкладів майкопу загалом. Детальне ж вивчення літологічної будови найперспективніших утворень керлеуту, передусім Індоло-Кубанського прогину, практично не проводилося. Власне ця проблема: визначення характеру поширення по латералі та в розрізі керлеутських відкладів осадових тіл різного складу в контексті відтворення у подальшому умов їх осадонагромадження і розглядається у даному дослідженні.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Літологічне розчленування розрізів свердловин проведено шляхом інтерпретації результатів ГДС (радіоактивні методи). Особливості розвитку осадових тіл різного складу з'ясовано на основі виділення літмітів, згідно методики (Карогодін, 1980). Даний підхід апробований при вивченні майкопських нашарувань Північнокримського та Індоло-Кубанського прогинів (Гнідець та ін., 2023).

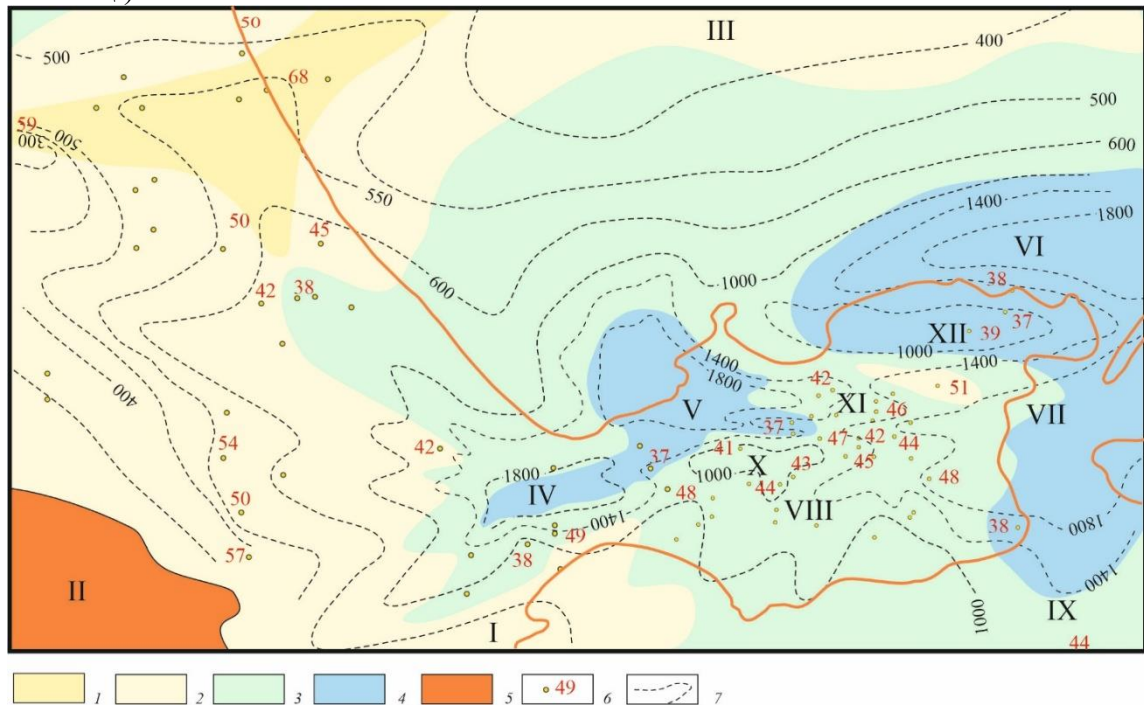
**Отримані результати, їх обговорення.**

#### Літофації та типи розрізів керлеутських відкладів

Характер просторового розподілу товщин керлеутських відкладів засвідчує успадкованість розвитку низки структурних елементів, що встановлені для ранньомайкопського часу (Гнідець та ін., 2023). Це стосується Індольської, Казантипської, Багерівської, Приморської, Азовської депресій, Південнокерченського

прогину та Мошкарівсько-Фонтанівсько-Горностаївської і Краснокутсько-Багерівсько-Таманської гряд. Щоправда їх морфоструктура зазнала певних змін. Так, значно зросла площа та відокремленість Мошкарівського, Фонтанівського та Горностаївського підняття, які оконтурюються ізопакітами 500–600 м. Вони набули північно-західного та субширотного простягання. Окрім того Горностаївське підняття практично об'єдналося з Краснокутським та Багерівським. Таманське – ж розформувалося, за рахунок чого зросла площа Приморсько-Багерівсько-Тамансько-Азовської депресії, в осьовій зоні якої товщина розглядуваних утворень перевищує 2500 м. Натомість в Індольській та Казантипській депресіях остання становить 1800 м, а в Південнокерченському прогині – не перевищує 1000 м.

Відклади керлеуту характеризується домінуванням глинистих літотипів, вміст яких коливається від 32 до 63 % (середнє 55 %) часто з домішкою псамо-алевритового матеріалу. Прошарки (0,05–5 м) пісковиків (0–10 %, середнє 3 %) та алевролітів (31–59 %, середнє 42%) характеризуються нерівномірним просторово-віковим поширенням і концентруються переважно в верхній частині верхньокерлеутського підгоризонту. Доволі потужні (до 40 м) пласти пісковиків розвинені лише у північних та східних районах Рівнинного Криму та Північному Причорномор'ї (Стрількова, Індольська та інші площі).



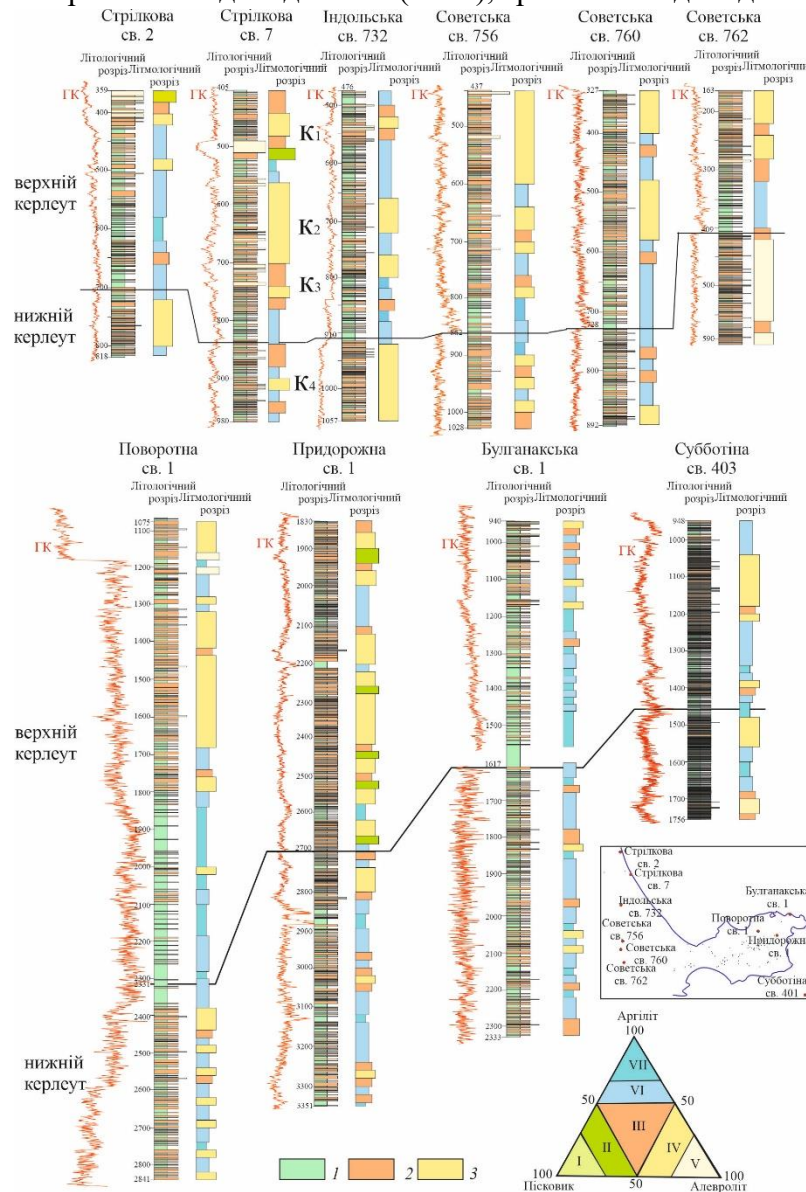
**Рис. 1.** Схема товщин та літофацій керлеуту Азово-Чорноморського осадово-породного басейну. Підняття: I – Гірськокримське, II – Центральнокримське, III – Середньоазовське. Індоло-Кубанський прогин, депресії: IV – Індольська, V – Казантипська, VI – Азовська, VII – Багерівська, VIII – Приморська; виступи: X – Селезнівський, XI – Фонтанівсько-Горностаївський, XII – Багерівський. IX – Південнокерченський прогин

Сумарний вміст псамо-алевролітових прошарків в розрізі середньомайкопської товщі: 1 – понад 60 %, 2 – 50–60 %, 3 – 40–50 %, 4 – менше 40 %; 5 – відклади відсутні. 6 – свердловина та вміст (%) пісковиків та алевролітів. 7 – ізопакіти.

Виділено чотири літологічні комплекси з різним вмістом піщано-алевролітових порід (рис. 1). В осьових зонах депресій та на схилах Багерівського підняття розвинені відклади, у складі яких домінують глинисті літо типи (кластичних відмін менше 40 %). Ці утворення облямовуються комплексом із вмістом уламкових різновидів 40–50%, які

у західному напрямку заміщуються відкладами з більшою кількістю пісковиків та алевролітів (50–60 %). Для району Стрілкової та Індольської площ характерні розрізи з максимальним вмістом останніх (понад 60 %).

Усереднений склад керлеутської товщі Азово-Чорноморського осадового басейну наступний: вміст пісковиків у розрізі коливається від 0 до 10 % (середнє 3 %), алевролітів – від 31 до 59 % (42 %), аргілітів – від 32 до 63 % (55 %).



**Рис. 2.** Типові літологічні та літмологічні розрізи керлеутської товщі Азово-Чорноморського осадово-породного басейну, схема розміщення досліджених свердловин та класифікаційна літмологічна трикутна діаграма. 1 – аргіліти; 2 – алевроліти; 3 – пісковики. К<sub>1</sub>–К<sub>4</sub> – кластогенні пачки, (за Плахотним, 1971).

Речовинний склад керлеутських відкладів доволі детально вивчений в межах східних районів Рівнинного Криму та західних – Керченського півострова. Натомість в межах центральних районів Керченського півострова та акваторії Азовського моря дані утворення вивчені фрагментарно.

У літмологічній структурі керлеутської товщі регіону виділено від 20 до 84 літмітів змішаного (III), алевролітового (IV–V)

та глинистого (аргілітового, VI–VII) полів, товщиною переважно 20–40 м, поодинокі до 200 м (рис. 2). Серед останніх домінують глинисті літміти, вміст яких локально сягає 93 % розрізу, а в середньому по регіону становлять 54 %. Змішані та алевролітові літміти відмічаються постійно в приблизно в однакових співвідношеннях – 22–23 % але локальними ділянками відіграють домінуючу роль. Так алевролітові літміти максимально поширені у східних районах Рівнинного Криму (північний та західний борт Індольської депресії) та середній частині верхньокерлеутського розрізу центральних районів Керченського півострова (див. рис. 2).

**Висновки.** З'ясовані просторово-вікові особливості літолого-літмологічної будови керлеутської товщі майкопу Азово-Чорноморського осадово-породного басейну. Виділено чотири літологічні комплекси: піщано-алевролітовий (кластогенів понад 60 %); алевролітовий (50–60 %); аргіліто-алевролітовий (40–60 %) та аргілітовий (менше 40 %), які характеризуються закономірністю заміщення від крайових частин

до депоцентрів депресії. Виявлена специфіка літмологічної будови керлеутської товщі, розрізи якої складені 20–84 літмітами регіонального, зонального та локального поширення, товщиною 20–200 м, алевролітового (23 %), змішаного (22 %) та глинистого (55 %) полів. Виокремлено декілька рівнів розвитку різнорангових алевроліто-піщаних пачок ( $K_1$ – $K_2$ – $K_3$ – $K_4$ ), встановлені особливості їх просторового поширення.

**Список використаних джерел:**

Іванюта, М. М. (Ред.). (1998). Атлас родовищ нафти і газу України: Т. VI. Південний нафтогазоносний регіон. Центр Європи.

Гнідець, В. П., Григорчук, К. Г., Кохан, О. М., Ревер, А. О., Баландюк, Л. В. (2023). Літогенез майкопських відкладів Причорноморського мегапрогину. [http://iggcm.org.ua/wp-content/uploads/2023/12/ЛІТОГЕНЕЗ\\_МАЙКОПСЬКИХ-ВІДКЛАДІВ.pdf](http://iggcm.org.ua/wp-content/uploads/2023/12/ЛІТОГЕНЕЗ_МАЙКОПСЬКИХ-ВІДКЛАДІВ.pdf)

Карогадин, Ю. Н. (1980). Седиментационная цикличность. Недра.

Плахотный, Л. Г., Григорьева, В. А., Гайдук, И. С., Ромов, В. Б., Лагутин, А. А. (1971). Особенности распространения песчано-алевритовых пачек в майкопских отложениях на юге Украины. Геологический журнал, 4(31), 41–51.

## ІСТОРІЯ КАТАГЕНЕЗУ ТА НАФТОГАЗОУТВОРЕННЯ У ВІДКЛАДАХ ДЕВОНУ ПЕРЕДДОБРУДЗЬКОГО ПРОГИНУ

*Гнідець В.П., Григорчук К.Г., Кошіль Л.Б., Яковенко М.Б.*

*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів,  
vgnidets53@gmail.com; kosagri@ukr.net; koshillesia@gmail.com; [myroslavakoshil@ukr.net](mailto:myroslavakoshil@ukr.net)*

*The difference in the catagenesis regime of sedimentary formations in different parts of the Dobrudja foredeep has been established. These features determined the difference in the dynamics of naphthidogenesis: the main phase of oil and gas accumulation in the Tuzlivska depression is associated with the first, and in the Furmanivska-Primorska depression - with the second cycle of catagenesis. At the same time, in the first case, oil formation prevailed, and in the second - gas formation, and the main source of hydrocarbons was the Middle and Lower Devonian deposits, respectively.*

## HISTORY OF CATAGENESIS AND OIL AND GAS FORMATION IN THE DEVONIAN DEPOSITS OF THE DOBRUDJA FOREDEEP

*Hnidec V.P., Hryhorchuk K.G., Koshil L.B., Yakovenko M.B.*

**Вступ.** Відклади девону Переддобрудзького прогину перманентно викликають нафтогазопошуковий інтерес у зв'язку з виявленням Східносаратського, Жовтоярського, Сариярського та Заріченського нафтових скупчень, а також встановленням численних проявів вуглеводнів на інших структурах.

**Попередні дослідження, формулювання проблеми, актуальність та шляхи її вирішення.** У роботах попередніх років, як зазначалося (*Гнідець та ін., 2024*), були вивчені літологічні особливості, з'ясовані особливості девонського осадоагромадження, що дозволило оцінити перспективи товщі передусім в аспекті поширення природних колекторів вуглеводнів (ВВ). Однак питання розвитку нафтогазових систем (НГС) не розглядалися. Моделювання ж останніх становить важливе підґрунтя для визначення напрямків пошуково-розвідувальних робіт. Метою даного дослідження є з'ясування онтогенезу виявлених родовищ та оцінка перспектив східної частини Переддобрудзького прогину в цілому на основі ретроспективного аналізу процесів нафтогазоутворення та нафтогазоагромадження. Дослідження динаміки утворення ВВ, локалізації шляхів їх міграції та зон акумуляції ґрунтувалися на флюїодинамічній концепції катагенезу (*Григорчук, 2012*).

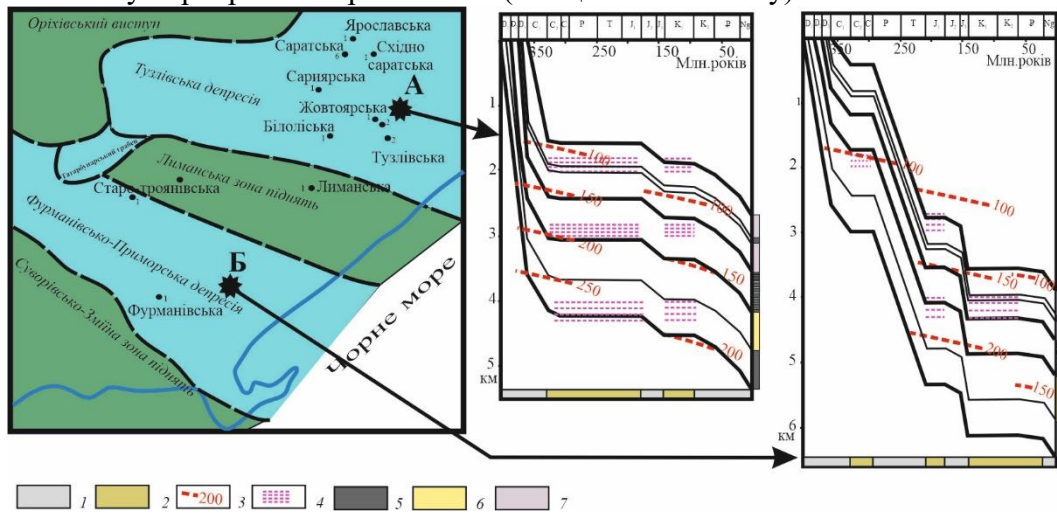
**Отримані результати, їх обговорення.** Нафтогазоматеринськими відкладами у Переддобрудзькому прогині слугували утворення розівської і кочулійської світ нижнього, базальні частини циклітів середнього девону та «чорносланцові» горизонти на межі франського та фаменського ярусів (*Гнідець та ін., 2023*).

Для з'ясування особливостей розвитку НГС здійснено порівняльний аналіз історії катагенезу та літофлюїодинаміки осадових нашарувань північно-східного та південно-західного районів Переддобрудзького прогину. Для цього були використані псевдосвердловини по депоцентрах Тузлівської (А) та Фурманівсько-Приморської (Б) депресій (Рис. 1).

Режим катагенезу осадових утворень Тузлівської та Фурманівсько-Приморської депресій відрізнявся (Рис. 1). Так, у першому випадку проявилось два цикли катагенезу: перший завершився у ранній юрі, другий – ранній крейді. При цьому треба підкреслити значну тривалість активного підетапу першого циклу (середній карбон-рання юра). У другому випадку фіксується три цикли, які закінчувалися у середньому

карбоні, ранній юрі та палеогені. Значною тривалістю активного підетапу відрізнявся третій цикл (рання крейда-палеоген).

Крім того інтенсивність занурення і, відповідно, прогріву протягом першого циклу були неоднаковими. Так, у північно-східній частині прогину швидкість осадового породоутворення становила 45–60 м/млн. років, а у південно-західній – не перевищувала 30–45 м/млн. років (Рис. 2). У зв'язку з цим у першому випадку генеруючи пачки досягли градацій катагенезу МК<sub>2</sub> (верхній девон), МК<sub>3</sub> (середній девон) та МК<sub>4</sub>–МК<sub>5</sub> (нижній девон), а в другому – лише ПК, МК<sub>1</sub> та МК<sub>2</sub>, відповідно. У Приморсько-Фурманівській депресії подібного ступеня перетворень відклади девону досягли лише у перм-ранньоюрський час (2-й цикл катагенезу).



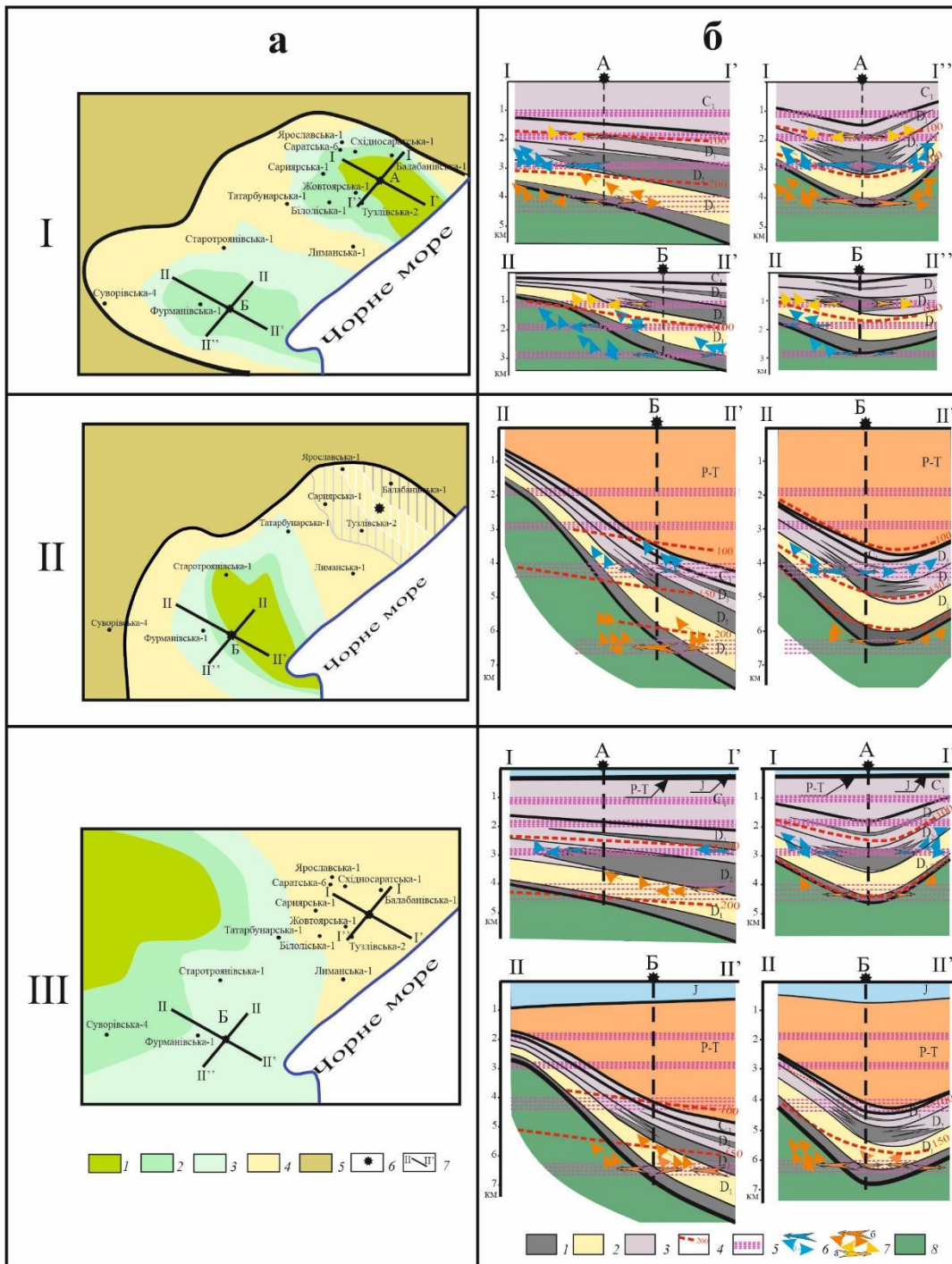
**Рис. 1.** Схема структурних елементів району досліджень та моделі періодизації катагенезу у псевдосвердловинах. Ексфільтраційний етап катагенезу: 1 – пасивний підетап, 2 – активний підетап; 3 – палеотемператури; 4 – регіональні зони розуцільнення. Осадкові комплекси: 5 – глинистий, збагачений ОР, 6 – теригенний, 7 – сульфатно-карбонатний.

Отже, наприкінці першого циклу у Тузлівській депресії склалися сприятливі умови для масштабної генерації та міграції ВВ, яка відбувалася по трьох регіональних зонах розуцільнення (див. рис. 2). По верхній – з «чорносланцових» утворень (фран-фамен) у напрямку на північ, південь та захід надходили невеликі порції газу ранньої генерації. Нафтові ВВ масово утворювалися у нашаруваннях середнього девону, звідки переміщувалися у теригенні відклади нижнього девону (на бортах депресії) та у припідшовну частину ейфельських утворень (західна центрикліналь). По нижній зоні розуцільнення газів ВВ надходили у підстеляючі товщі та теригенну частину нижнього девону з подальшим переміщенням в напрямку регіонального здійснення горизонтів.

У Фурманівсько-Приморській депресії ВВ флюїди також переміщувалися по трьох зонах розуцільнення. По верхній мігрував газ ранньої генерації, який у західному та південному напрямках надходив головно у теригенну товщу нижнього, а у північному – у нашарування середнього девону. З «чорносланцових» утворень останнього по двох регіональних зонах розуцільнення невеликі порції нафтових ВВ поступали переважно у підстеляючі відклади та частково – теригенну частину нижнього девону.

У перм-ранньоюрський час у північно-східній частині регіону продовжувався активний підетап першого циклу катагенезу і тривали процеси міграції ВВ по згаданих зонах розуцільнення. Втім інтенсивність потоків зазнала деякої латеральної трансформації, яка було спричинена нерівномірністю тектонічної активності у цей час, що фіксується мінливістю товщини перм-тріасових відкладів (від 0 у св. Східносаратська-2 до 643 м у св. Балабанівська-1) (рис. 2). Це дозволило намітити три

смуги з різною швидкістю осадового породоутворення: центральна – менше 1 м/млн.р.; південна – 1–3 м/млн.р. та північна – більше 3 м/млн.р.. Отже, найінтенсивніші флюїдні потоки були спрямовані у бік структур Саратського, Східносаратського, Ярославського; менш масштабна міграція відбувалася у південному та особливо північному напрямках.



**Рис. 2.** Інтенсивність занурення відкладів на пасивних підетапах (а) та моделі літофлюїдодинаміки (б) на активних підетапах послідовних (I, II, III) циклах катагенезу: а: 1 – понад 45 м/млн. років, 2 – 30–45, 3 – 15–30, 4 – менше 15. 5 – відсутність відкладів. 6 – псевдосвердловини. 7 – перетини. б: Осадові комплекси: 1 – глинистий, збагачений ОР, 2 – теригенний, 3 – сульфатно-карбонатний; 4 – палеотемператури; 5 – регіональні зони тріщинуватості; регіональні флюїдні перетокі: 6 – нафта, 7 – газ: а – ранньої, б – пізньої генерації, 8 – додевонські відклади.

У південно-західній частині прогину у пермі-ранній юрі проявився другий цикл катагенезу, який був основним в історії нафтогазоутворення, оскільки в цей час тут відбулося інтенсивне занурення та, відповідно, прогрів генеруючих товщ (див. рис. 2). На активному підетапі катагенезу вуглеводні переміщувалися по двох регіональних зонах розуцільнення. Верхня – дренувала генеруючі пачки середнього та верхнього девону. Основна маса ВВ (нафтова фаза) надходила (у північно-східному напрямку) у теригенну частину відкладів нижнього девону з подальшим субвертикальним переміщенням. Певні порції флюїдів могли мігрувати (у південно-західному напрямку) у нашарування верхнього девону та нижнього. По нижній зоні розуцільнення з відкладів нижнього девону газові ВВ надходили переважно у підстеляючі утворення (головно у північно-західному напрямку).

Третій (Фурманівсько-Приморська депресія) та другий (Тузлівська депресія) цикли катагенезу розпочалися у середній юрі. Вони, як зазначалося вище, відрізнялися тривалістю та інтенсивністю занурення: в першому випадку ці параметри були більшими.

У Тузлівській депресії певні порції ВВ мігрували по двох зонах розуцільнення (Рис. 2). Об'єми флюїдів були незначними з огляду на невелику інтенсивність занурення і, відповідно, незначну акумуляцію літофлюїдної енергії. По верхній зоні мігрували нафтові ВВ з відкладів середнього та частково верхнього девону. При цьому у північно-західному напрямку інтенсивність потоку ВВ була незначною і поступали вони переважно у відклади середнього девону. У північно-східному та південно-західному напрямках об'єми флюїдів були більшими і мігрували вони у нашарування нижнього та частково середнього девону.

По нижній зоні розуцільнення у напрямку західної центрикліналі депресії прогнозується інтенсивний потік газових ВВ, які утворювалися у генеруючих пачках середнього девону і надходили у його теригенну товщу. Натомість вбік бортів – існувала міграція невеликих об'ємів газу з нижнього девону у підстеляючі відклади.

У Фурманівсько-Приморській депресії «працювала» лише нижня зона розуцільнення, по якій мігрував газ як в теригенні пачки нижнього девону, так і підстеляючі утворення. При цьому у західній частині депресії існував ще й зустрічний потік з середньодевонських нашарувань депоцентру. У подальшому ВВ мігрували за здійсненням проникних горизонтів.

**Висновки.** Встановлено відмінність режиму катагенезу осадових утворень у різних частинах Переддобрудзького прогину. У зв'язку з цим основна фаза нафтогазонагромадження у Тузлівській депресії пов'язана з першим, а у Фурманівсько-Приморській – другим циклом катагенезу. При цьому, у першому випадку переважало нафто-, а в другому – газоутворення, а основним джерелом ВВ слугували відклади середнього та нижнього девону, відповідно.

#### **Список використаних джерел:**

- Григорчук К.Г. Динаміка катагенезу порід осадових комплексів нафтогазоносних басейнів. Автореф.дис. ... д-ра геол.-мин. наук: 04.00.21. 2012. Львів, 40 с.
- Гнідець В. П., Григорчук К. Г., Кошіль Л. Б., Яковенко М. Б. Модель нафтогазової системи девонського осадового комплексу Білоліського блоку. Переддобрудзький прогин. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, 2023. – Вип. 58. – С. 29–37. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-02>
- Гнідець В. П., Григорчук К. Г., Кошіль Л. Б., Яковенко М. Б. Динаміка нафтидогенезу у девонських відкладах Переддобрудзького прогину. *Geodynamics*, 2024, № 2 (37). С. 69–77. <https://doi.org/10.23939/jgd2024.02.69>

## **ЛАТЕРАЛЬНЕ ПОШИРЕННЯ ІЛЬМЕНІТУ З РІЗНИМ ВМІСТОМ ОКСИДІВ В АПТ-НИЖНЬОАЛЬБЬСЬКИХ ВІДКЛАДАХ АНДРІЙВСЬКОГО І БИРЗУЛІВСЬКОГО РОДОВИЩ ФОСФАТНО-ТИТАНОВИХ РУД**

*Ковальчук М.С., Крошко Ю.В.*

*Інститут геологічних наук НАН України, Київ  
kms1964@ukr.net; ykrosh.79@ukr.net*

*Information is provided on the chemical composition of ilmenite from continental deposits of the Aptian-Lower Albian Andriyivskiy and Birzulivskiy phosphate-titanium ore deposits. Maps showing the distribution of ilmenite with different oxide contents in continental deposits are presented. Ilmenite from redeposited kaolins is less altered than that from sandy deposits. Within the Birzulivskiy deposit, the proportion of ilmenite with a significant degree of alteration is greater than within the Andriyivskiy deposit.*

## **LATERAL DISTRIBUTION OF ILMENITE WITH DIFFERENT OXIDE CONTENTS IN THE APT -LOWER ALBIAN DEPOSITS OF THE ANDRIYIVSKYI AND BYRZULIVSKYI DEPOSITS OF PHOSPHATE-TITANIUM ORES**

*Kovalchuk M.S., Kroshko Yu.V.*

**Вступ.** Дослідження залежності якості пігментного двоокису титану від речовинного складу ільменіту проводилося на відомих родовищах Коростенського і Корсунь-Новомиргородського плутонів на початку 80-х років минулого століття і продовжується авторами публікації з використанням ГІС-технологій [4, 5]. Такі дослідження є важливими, оскільки дозволяють з'ясувати просторове поширення ільменіту з різним вмістом оксидів та різного ступеню зміненості в досліджуваній формаційній одиниці та прогнозувати якісні характеристики мінералу площ денудації.

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення.** Перспективні ділянки для пошуку ільменітових розсипів у нижньокрейдових відкладах і корі вивітрювання в межах Новомиргородського габро-анортозитового масиву виокремлено за результатами геологічного знімання масштабу 1 :50 000 (Г.М. Карпов, 1963 р.; В.Г. Злобенко, 1963, 1966 рр.). Пошуки ільменітових розсипів у відкладах нижньої крейди в межах Лебедин-Балаклійської депресії та відкриття Бірзулівського родовища виконано під керівництвом М.С. Федоренка (1969–1970 рр). Андріївська ділянка та Бірзулівське родовище досліджувалися під керівництвом В.І. Скоробач протягом 1971–1973 рр. У 1974 р. М.М. Кальная, Л.С. Галецький, А.М. Зайцева дослідили залежність якості пігментного двоокису титану від речовинного складу ільменіту. Протягом 1974–1976 рр. роботами під керівництвом В.І. Скоробач, В.Г. Кармазенко проведено пошуково-оціночні роботи на Андріївській ділянці та попередню розвідку Бірзулівського родовища. У 1993 р. М.С. Ковальчук узагальнив дані щодо речовинного складу нижньокрейдових відкладів у межах Лебедин-Балаклійської палеодолини. У 2006 р. Розсипне Бірзулівське родовище детально розвідано у 2006 р. під керівництвом І.С. Душенко. Детальне його геолого-економічне оцінювання проведено М.М. Левченко (2009–2012 рр.) і Н. Шафранською (2016 р.). З 2016 р. Андріївське і Бірзулівське родовище досліджуються авторами публікації.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Методико-методологічною основою дослідження стали напрацювання авторів щодо рудоносності Андріївського та Бірзулівського родовищ та латерального поширення ільменіту з різним вмістом оксидів у межах Тростяницького (Фігура, Ковальчук, 2024), Аврамівського, Західного

(Крошко, Ковальчук, 2025, а), Бирзулівського (Крошко, Ковальчук, 2025, б) родовищ титанових руд. Для з'ясування якості ільменіту і просторового його поширення з різним вмістом оксидів, нами використано координати свердловин та результати хімічного аналізу ільменіту. Картографічні побудови здійснено в програмному забезпеченні Golden Software Surfer, що дало можливість дослідити особливості просторового поширення ільменіту з різним вмістом оксидів та різним ступенем змінності.

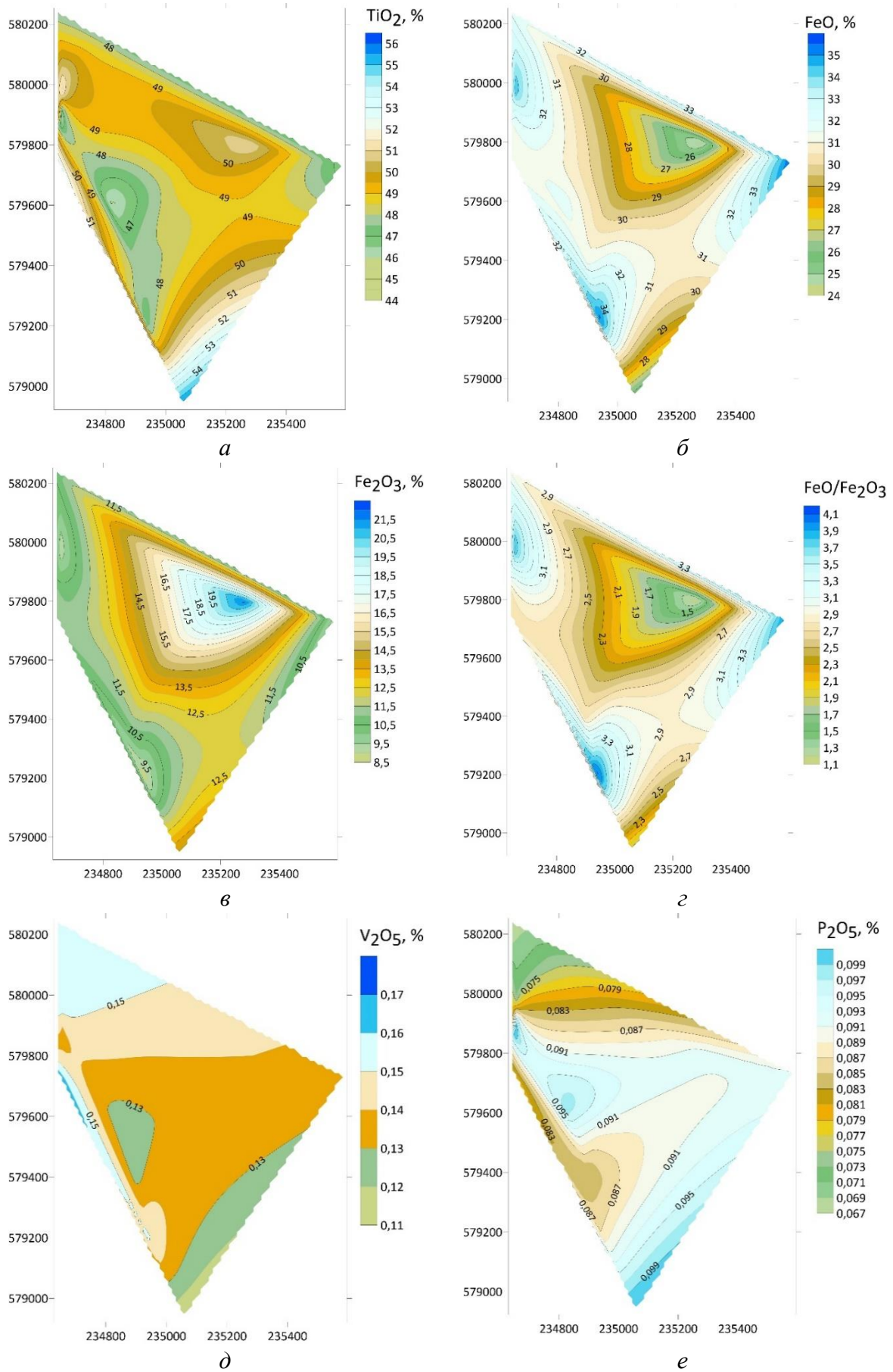
**Отримані результати, їх обговорення.** Континентальні відклади апту-нижнього альбу Андріївського і Бирзулівського родовищ представлені алювіальними і делювіальними відкладами, які з розмивом залягають на корі вивітрювання кристалічних порід фундаменту в межах тектонічно-ерозійної палеодолини. Кора вивітрювання була джерелом ільменіту і плотиком для континентальних утворень. Континентальні відклади представлені перевідкладеними каолінами і пісками різнозернистими, каоліністими.

Вміст оксидів (%) в ільменіті з континентальних відкладів апту-нижнього альбу Андріївського родовища такий :  $TiO_2$  – 44,71–56,2;  $FeO$  – 24,2–35,75;  $Fe_2O_3$  – 8,53–21,78;  $FeO/Fe_2O_3$  – 1,11–4,15;  $V_2O_5$  – 0,11–0,17;  $P_2O_5$  – 0,017–0,10;  $Cr_2O_3$  – 0,023–0,027. Просторовий розподіл ільменіту з різним вмістом оксидів в апт-нижньоальбських відкладах Андріївського родовища представлено на рисунку 1.

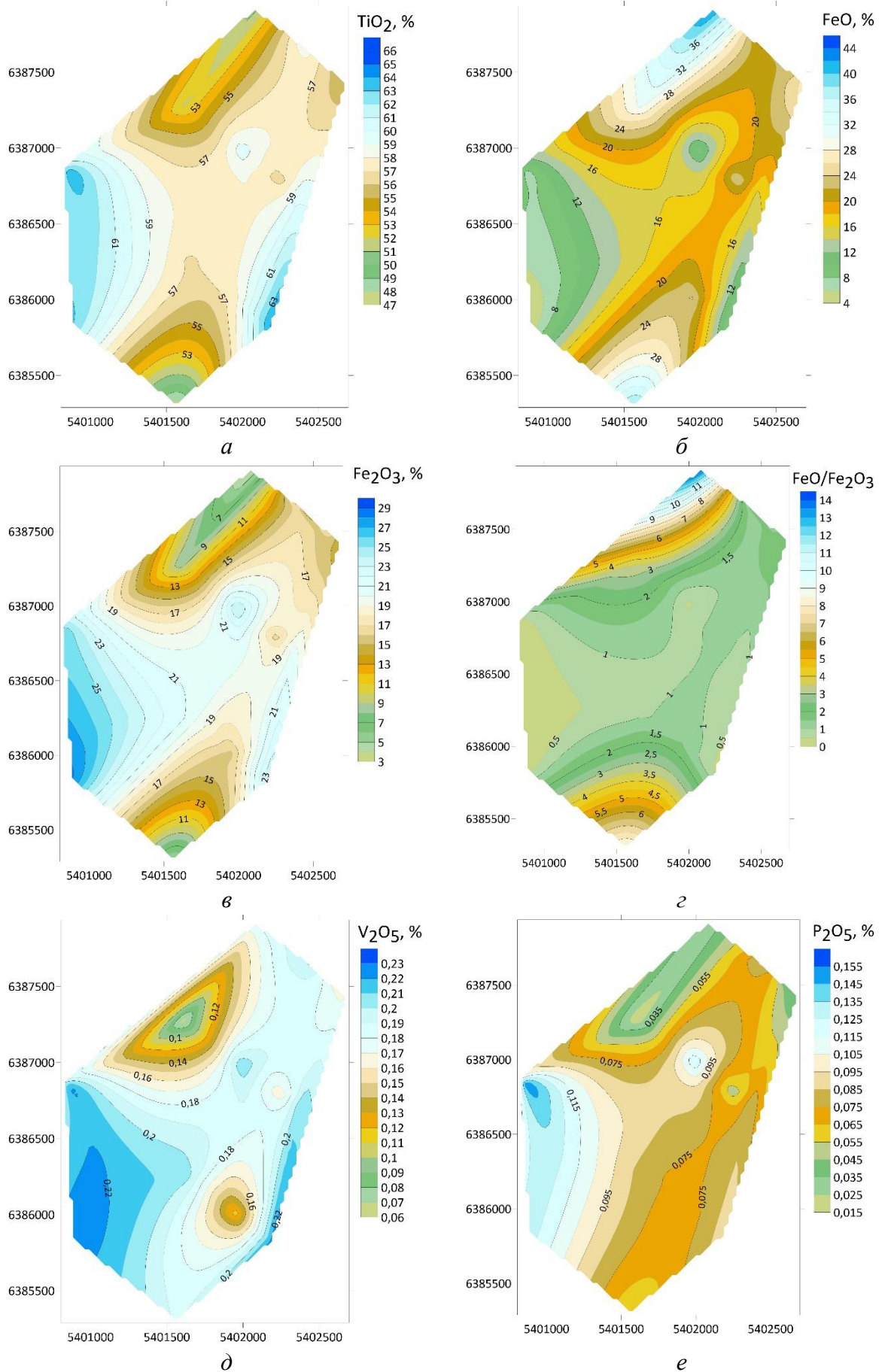
Вміст оксидів (%) в ільменіті з континентальних відкладів апту-нижнього альбу Бирзулівського родовища такий :  $TiO_2$  – 47,02–66,11;  $FeO$  – 3,48–43,58;  $Fe_2O_3$  – 2,96–28,61;  $FeO/Fe_2O_3$  – 0,13–14,72;  $V_2O_5$  – 0,011–0,24;  $P_2O_5$  – 0,016–0,15;  $Cr_2O_3$  – 0,002–0,032. Просторовий розподіл ільменіту з різним вмістом оксидів в апт-нижньоальбських відкладах Бирзулівського родовища представлено на рисунку 2.

Ділянки поширення ільменіту зі значним вмістом  $Fe_2O_3$ , незначним вмістом  $FeO$  і найменшим відношенням  $FeO/Fe_2O_3$  просторово збігаються в межах обох родовищ.

**Висновки.** Хімічний склад, просторовий розподіл ільменіту з різним вмістом оксидів у континентальних відкладах апту-нижнього альбу Андріївського і Бирзулівського родовищ обумовлені хімічним складом мінералу та його поширенням в елювії, фаціальними умовами осадоагромадження в ранньокрейдову епоху та зміненням мінералу протягом седиментогенезу. Хімічний склад ільменіту з континентальних відкладів родовищ подібний, однак в межах Бирзулівського родовища частка зміненого екзогенними процесами ільменіту більша, ніж в межах Андріївського. Тут, поряд з майже незмінним ільменітом присутні зерна ільменіту зі значним ступенем змінності. Вміст в ільменіті  $Cr_2O_3$  – незначний. Ільменіт з перевідкладених каолінів менш змінений, ніж ільменіт з піщаних відкладів. Це обумовлено більш інтенсивною і тривалою трансформацією ільменіту в піщаних утвореннях у порівнянні з перевідкладеними каолінами.



*Рис. 1. Ізогіпси ільменіту з різним вмістом (%) оксидів в апт-нижньоальбських відкладах Андріївського родовища*



*Рис. 2. Ізогіпси ільменіту з різним вмістом (%) оксидів в апт-нижньоальбських відкладах Бирзулівського родовища*

**Список використаних джерел:**

- Фігура Л.А., Ковальчук М.С. [2024]. Ільменітоносність продуктивних відкладів та якісні параметри ільменіту Тростяницького родовища титанових руд. // Мінералогічний збірник. – № 74. – С. 31–44. <https://doi.org/10.30970/min.74.03>
- Крошко, Ю.В., Ковальчук, М.С. [2025, а]. Рудоносність Аврамівського і Західного родовищ (Новомиргородський габро-анортозитовий масив). // Мінеральні ресурси України. – № 1. – С. 41–49. <https://doi.org/10.31996/mru.2025.1.41-49>
- Крошко Ю.В., Ковальчук М.С. [2025, б]. Ільменіт з кори вивітрювання та нижньокрейдових відкладів Бирзулівського родовища титанових руд. // Мінерал. журн. Вип. 47. – № 3. – С. 110–124. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.47.03.110>

## **КОНТИНЕНТАЛЬНІ ВІДКЛАДИ ІРШАНСЬКОЇ СВИТИ ДІЛЯНКИ СЕРЕДНЯ МЕЖИРІЧНОГО РОДОВИЩА ТА ЇХ РУДОНОСНІСТЬ**

*Ковальчук М.С., Фігура Л.А.*

*Інститут геологічних наук НАН України, Київ  
kms1964@ukr.net; liuba\_figura@ukr.net*

*The ore bearing capacity of the weathering crust, continental deposits of the Lower Cretaceous and coastal-marine deposits of the Upper Cretaceous within the Serednya section of the Mezhyrichne deposit is briefly characterized. Attention is focused on the Lower Cretaceous continental deposits of the Irshanska suite. Based on the attribute base for these deposits, maps were created (isogypsum maps of the sole and surface of the deposits, isopachite thickness map, map of the average ilmenite content).*

### **CONTINENTAL DEPOSITS OF THE IRSHANSKA SUITE IN THE SECTION SEREDNYA OF THE MEZHRYICHNE DEPOSIT AND THEIR ORE CONTENT**

*Kovalchuk M.S., Figura L.A.*

**Вступ.** У межах Волинського цирконій-титановорудного району поширені ендегенні (апатит-ільменітові, апатит-ільменіт-титаномагнетитові), елювіальні (апатит-ільменітові, ільменітові) і розсипні родовища (цирконій-титанових мінералів з апатитом) здебільшого континентального генезису. Серед найбільш розвіданих – Межирічне родовище ільменіту, яке складається із п'яти окремих ділянок надрокористування: Осинової, Юрської, Середньої, Ємилівської та Букінської (Фігура, Ковальчук, 2023-б). Експлуатація родовища почалася у 2001 році. На теперішній час відпрацьовуються запаси Юрської ділянки; балансові запаси Ємилівської та Середньої ділянок відпрацьовані, а запаси Букінської та Осинової – знаходяться у резерві (Фігура, Ковальчук, 2022). Максимальні концентрації ільменіту локалізовані в корі вивітрювання габро-перидотитів і дрібнозернистого олівінового габро. Рудне тіло кори вивітрювання складене каолінітом, монтморилонітом, гідрослюдами; в нижній частині профілю присутні неповністю розкладені породоутворювальні та рудні мінерали. Максимальні концентрації ільменіту в корі вивітрювання встановлено у межах Букінської ділянки – 721,8 кг/м<sup>3</sup> (Нестеренко, 2018). Тут кора вивітрювання віднесена до продуктивної товщі. Повсюдно в межах родовища продуктивна товща складена нижньокрейдовими делювіально-алювіальними, алювіальними і озерними утвореннями іршанської світи, яка в літологічному плані представлена пісками різнозернистими каоліністими і перевідкладеними каолінами з різним ступенем запісоченості. Кора вивітрювання кристалічних порід фундаменту є плотиком для нижньокрейдових континентальних відкладів, які виповнюють давні тектонічно-ерозійні долини. Частково до продуктивної товщі відносять відклади піщано-кременевого горизонту мошно-руднянської світи туронського ярусу верхньої крейди, та дуже рідкісно – утворення четвертинної системи, представлених дуже дрібнозернистими і дрібнозернистими пісками. Рудоносність Осинової, Юрської і Букінської, Ємилівської ділянок нами охарактеризована у наукових публікаціях (Фігура, Ковальчук, 2022, 2023-а, 2023-б, 2025 – у друці). Для створення цілісної картини геологічної будови і рудоносності Межирічного родовища, у цій публікації подано коротку характеристику ділянки Середня, яка знаходиться у південно-західній частині Межирічного родовища, на відстані 0,3 км від північної околиці с. Ємилівка.

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення.** Межирічне родовище було відкрито Житомирською експедицією в

результаті пошуково-розвідувальних робіт 1953–1958 рр. Упродовж 1971–1975 рр. в межах ділянки Середня Іршинським гірничо-збагачувальним комбінатом проведено геологорозвідувальні роботи. У період з 1988 р. по 1989 р. у межах Середньої ділянки проведена дорозвідка та технологічне картування, які дозволили уточнити геологічну будову та з'ясувати технологічні особливості ільменітвмісних відкладів. З 1995 року на Межирічному родовищі проводиться експлуатаційне буріння. У 2015 році отримано Спеціальний дозвіл на користування надрами Межирічного родовища з метою видобування титанових руд для отримання ільменітового концентрату та піску. У 2017 році проведена повторна геолого-економічна оцінка залишку усіх виявлених запасів корисних копалин Межирічного родовища, зокрема й на Середній ділянці. У результаті проведених робіт були охарактеризовані геологічна будова родовища, морфологія рудних тіл; речовинний склад і технологічні властивості руд за геолого-промисловими типами; технології збагачення руд та перспективи промислової переробки концентратів; гідрогеологічні, інженерно-геологічні та гірничотехнічні умови розробки родовища; оцінено вплив розробки родовища на стан навколишнього природного середовища; висвітлена методика геологорозвідувальних робіт. Просторове поширення рудоносності в межах Осинової (Фігура, Ковальчук, 2022), Юрської (Фігура, Ковальчук, 2023-а), Букінської (Фігура, Ковальчук, 2023-б), Ємилівської (Фігура, Ковальчук, 2025 – у друці) ділянок детально охарактеризовано нами у відповідних наукових працях.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Методико-методологічною основою досліджень були напрацювання авторів зі структурно-літологічного моделювання циркон-ільменітових розсіпів, зокрема й окремих ділянок Межирічного родовища. Фактичним матеріалом для досліджень ділянки Середня були виробничі звіти. Зокрема звіт Нестеренко Т. (Кривий Ріг, 2018) «Повторна геолого-економічна оцінка запасів Межирічного родовища титанових руд (ділянки Середня, Ємилівська, Юрська, Осінова та Букинська)» був основою для створення атрибутивної бази даних на основі якої здійснено картографічні побудови. Картографічні побудови здійснювалися з використанням програмних забезпечень Golden Software Strater, Golden Software Surfer.

#### **Отримані результати, їх обговорення.**

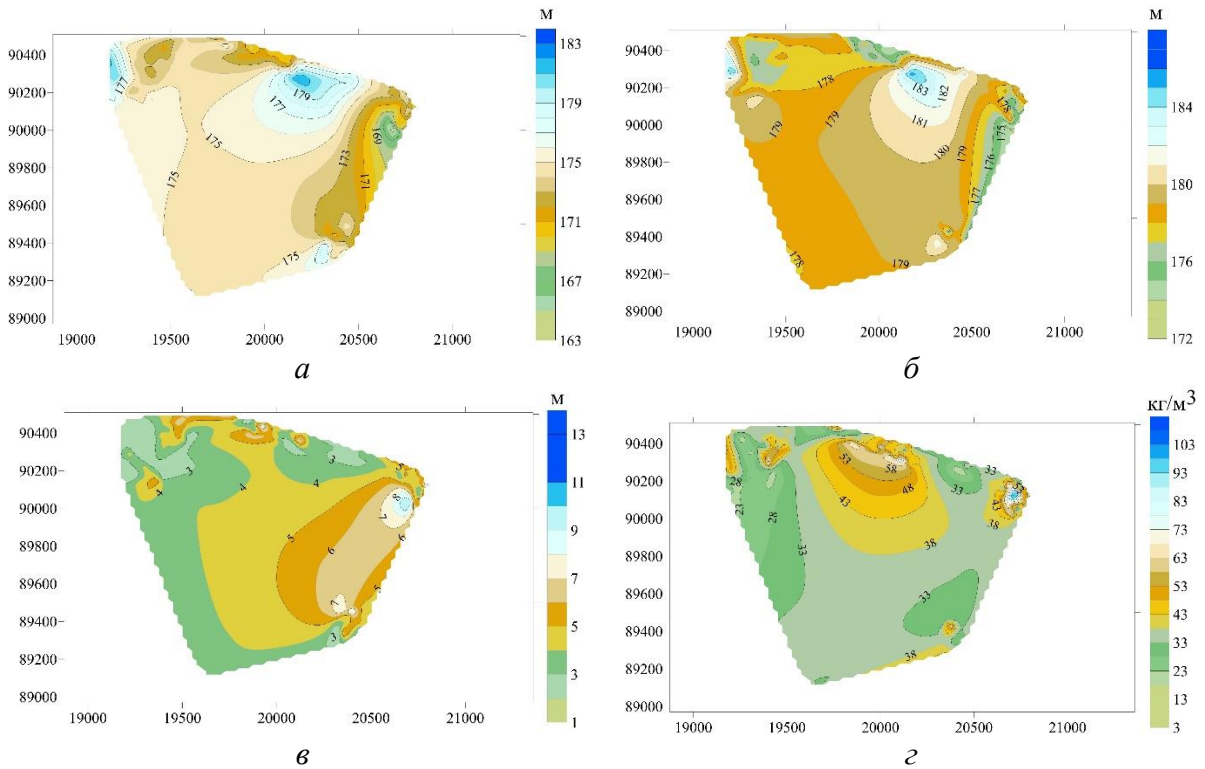
На основі атрибутивної бази даних нами створено картографічні побудови, які відображають рельєф підшви і покрівлі, товщину і латеральне поширення середнього вмісту ільменіту в корі вивітрювання кристалічних порід фундаменту, континентальних утвореннях нижньої крейди, узбережно-морських відкладах верхньої крейди та в породах розкриття. Максимальний вміст ільменіту діагностовано (Нестеренко, 2018): у корі вивітрювання ( $265,6 \text{ кг/м}^3$ ); у делювіальних гравійно-галькових піщанистих каолінах ( $461,6 \text{ кг/м}^3$ ); у перевідкладених каолінах ( $426,9 \text{ кг/м}^3$ ); у пісках різнозернистих ( $356,7 \text{ кг/м}^3$ ), у піщано-кременевому горизонті ( $244,6 \text{ кг/м}^3$ ). У продуктивному пласті ільменіт представлений незмінними і частково змінними в екзогенних умовах процесами зернами (вміст  $\text{TiO}_2$  в ільменіті 52,0–62,4 %).

Оскільки основу продуктивної товщі складають нижньокрейдові відклади іршанської світи, у цій публікації ми представимо картографічні побудови, які характеризують структурні та речовинні параметри цих утворень (рис. 1).

У межах ділянки Середня продуктивний пласт складений піском каоліністим дрібно-середньозернистим, каолінами перевідкладеними, піском каоліністим великорізнозернистим, піском глинистим, піщано-кременевим горизонтом, супіском, глиною. Переважають у складі продуктивного пласта перевідкладені каоліни, які часто перешаровуються з пісками.

Абсолютні відмітки підшви 157–188,2 м (перепад висот 31,2 м), покрівлі – 165,6–192,5 м (перепад висот 26,9 м). Кореляційний зв'язок між рельєфом підшви і покрівлі перевідкладених каолінів прямий сильний (+ 0,89); між рельєфом підшви і покрівлі пісків – прямий помірний (+ 0,32); між рельєфом підшви пісків і перевідкладених

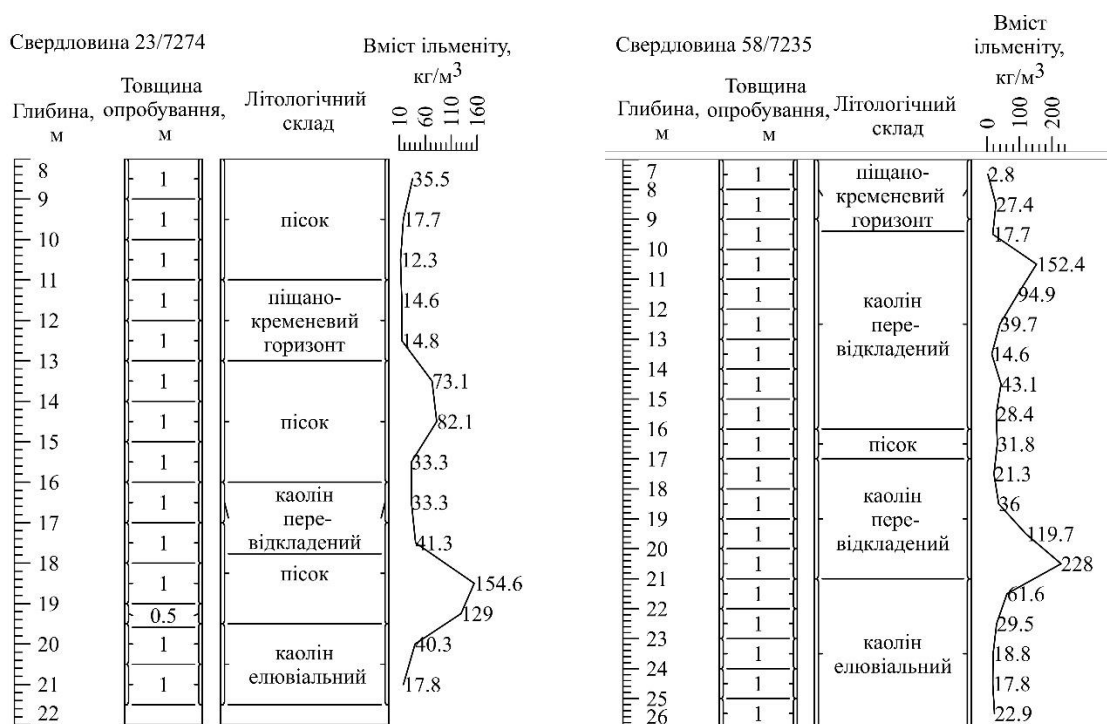
каоолінів – прямий сильний (+ 0,71); між рельєфом поверхні пісків і перевідкладених каоолінів – прямий помірний (+ 0,33). Як правило, ділянкам заглиблення підосви відповідають ділянки підвищення поверхні (див. рис. 1, а, б). Середньозважений вміст ільменіту в пісках 0,1–161,7 кг/м<sup>3</sup>; перевідкладених каоолінах – 3,95–256,1 кг/м<sup>3</sup>. Товщина продуктивного пласта змінюється від 0,5 м до 29,5 м (середнє 12,13 м). Ділянки збільшення середньозваженого вмісту ільменіту лише частково просторово збігаються з ділянками найбільшої товщини відкладів (див. рис. 1, в, г). Кореляційний зв'язок між товщиною пісків і середньозваженим вмістом у них ільменіту прямий слабкий (+ 0,29); а у перевідкладених каоолінах – відсутній.



**Рис. 1.** Ізогіпси підосви (а), поверхні (б), ізопахіти товщини(в) та ізогіпси середнього вмісту ільменіту (г) в континентальних утвореннях ділянки Середня.

Типові колонки розподілу вмісту ільменіту в різних породах у вертикальному перетині свердловин представлено на рисунку 2.

**Висновки.** У межах ділянки Середня Межирічного родовища значні вмісти ільменіту діагностовано у корі вивітрювання магматичних порід основного складу, в нижньокрейдових континентальних відкладах іршанської світи, яка з розмивом залягає на корі вивітрювання, а також в узбережно-морських відкладах мошно-руднянської світи верхньої крейди, що з розмивом залягають на корі вивітрювання і породах іршанської світи та утворилися за рахунок розмиву і перевідкладення підстилаючих утворень. До продуктивних відкладів ділянки віднесено континентальні утворення іршанської світи, які представлені делювіально-алювіальними, алювіальними і озерними відкладами. Для відкладів характерні значні перепади висот підосви і покрівлі, нерівномірний розподіл за латераллю товщини і середньозваженого вмісту ільменіту. Така неоднорідність будови і рудоносності відкладів обумовлена фаціальними умовами нагромадження відкладів та частковим розмивом протягом геологічної історії розвитку території. Для ділянки чітко прослідковується геохронологічна транзитність речовини кори вивітрювання на більш високі стратиграфічні рівні.



**Рис. 2.** Типові колонки розподілу вмісту ільменіту у різних породах в перетині свердловин

**Список використаних джерел:**

- Фігура Л.А., Ковальчук М.С. [2022]. Рудоносність Осинової ділянки Межирічного родовища титанових руд. // Геохімія та рудоутворення. – Вип. 43. – С. 59–73. <https://doi.org/10.15407/gof.2022.43.059>
- Фігура Л.А., Ковальчук М.С. [2023, а]. Геологічна будова та рудоносність Юрської ділянки Межирічного родовища титанових руд. *Мінералогічний журнал*. – Вип. 45. – №4. – С. 100–117. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.45.04.100>
- Фігура Л.А., Ковальчук М.С. [2023, б]. Поліхронно-полігенна просторово-парагенетична ільменітоносність Букінської ділянки Межирічного родовища титанових руд. // Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна, серія «Геологія, географія, екологія». Вип. 59. – С. 55–71. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-59-05>

## ПЕРША ЗНАХІДКА ІГНІМБРИТІВ В РАЙОНІ УКРАЇНСЬКОЇ АНТАРКТИЧНОЇ СТАНЦІЇ «АКАДЕМІК ВЕРНАДСЬКИЙ»

Маширова А.Ю.<sup>1,2</sup>, Митрохин О.В.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ННІ «Інститут геології» Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
Київ, [mashanya11.11.11@gmail.com](mailto:mashanya11.11.11@gmail.com), [mitrokhin.a.v@ukr.net](mailto:mitrokhin.a.v@ukr.net)

<sup>2</sup>Інститут геологічних наук Національної академії наук України, Київ

*The paper presents the results of a petrographic study of ignimbrites – a new object in the area of the Ukrainian Antarctic Akademik Vernadsky station. It has been established that the ignimbrites are a part of the Mesozoic Argentine Islands Formation. Samples, initially identified during field studies as dacitic tuffs, during petrographic investigation revealed characteristic features of ignimbrites, including pseudofluidal microstructure, relict fiamme, and a pyroclastic texture. The studied rocks have undergone significant hydrothermal-metasomatic alterations with the formation of secondary minerals and recrystallization of volcanic glass.*

### FIRST FOUNDING OF IGNIMBRITES ON UKRAINIAN ANTACRTIC STATION AREA

*Mashyrova A.Yu., Mytrokhyn O.V.*

**Вступ.** Українська антарктична станція «Академік Вернадський» (УАС) знаходиться на о. Галіндез. Останній належить до острівної групи Аргентинські острови у південній частині архіпелагу Вільгельма, розташованого біля Берегу Греяма Антарктичного півострова. У геологічній будові Аргентинських островів та о. Галіндез значну роль відіграють вулканогенні породи мезозойського віку. Їх петрології присвячено лише декілька наукових робіт, опублікованих більш ніж півстоліття тому. Автори цих публікацій оперують доволі обмеженими даними стосовно умов залягання та петрографічного різноманіття місцевих вулканітів. Крім того, використані ними петрографічна класифікація та номенклатура надто далекі від сучасних. Природно, що за таких обставин навіть поблизу від УАС час від часу знаходять раніш не виявлені види вулканітів. Такими, зокрема, є *ігнімбрити*, які нещодавно були ідентифіковані у зразках гірських порід з о. Галіндез.

**Аналіз попередніх досліджень.** Ігнімбритами звать гірські породи, які утворюються у процесі накопичення та ущільнення відкладів гарячих пірокластичних потоків (Schmincke, 2004). Їх походження пов'язують з експлозивними виверженнями вулканів центрального типу в орогенічних областях або з формуванням великих магматичних провінцій поза межами орогенів. Уперше термін «ігнімбрит», який у перекладі з латини значить «вогняний дощ», був запропонований у 1932 для спечених туфів Нової Зеландії (Marshall, 1932). З того часу ці породи були знайдені у багатьох областях поширення вулканічних утворень, у тому рахунку і в Антарктиці. Зокрема, ігнімбрити відомі у складі Вулканічної групи Антарктичного півострова в північно-західній частині Землі Палмера. Їх виверження пов'язують з крупними вулканічними центрами, що у мезозої формували магматичну дугу над зоною субдукції (Leat and Scarrow, 1994). На східному узбережжі Антарктичного півострова потужні ігнімбритові товщі виявлені у складі середньо-юрської Вулканічної групи Землі Греяма (Riley et al., 2010). Вважається, що ці ігнімбрити є частиною великої магматичної провінції, з формування якої розпочався розпад суперконтиненту Гондвана.

Перше повідомлення про знахідку ігнімбритів у районі УАС з'явилося у тезах доповідей VIII Міжнародної антарктичної конференції (Mytrokhyn and Bakhmutov,

2017). Зауважимо, їх діагностика мала суто попередній характер і до останнього часу не була підтверджена петрографічними дослідженнями.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** У 2017 році Митрохин О.В. досліджуючи умови залягання вулканічних порід відібрав на західному узбережжі о. Галіндез декілька зразків, які попередньо назвав «дацитовими туфами». Один з цих зразків, який виявив макроскопічні ознаки спеченого туфу з орієнтованими включеннями ф'яме був залишений у демонстраційній геологічній колекції на УАС під найменуванням «ігнімбрит». Петрографічне дослідження решти зразків виконала Маширова А.Ю. Вивчення прозорих шліфів під поляризаційним мікроскопом показало, що три зразки «дацитових туфів» з західного узбережжя о. Галіндез виявляють мікроскопічні особливості ігнімбритів.

**Отримані результати.** Найбільш типовими є зразки ігнімбритів з точки спостереження №83А (65°14'54,5''S; 64°15'12,5''W). Нижня частина протяжного берегового відслонення складена похилою силоподібною інтрузією мікродіоритів. Остання хоча і підстиляє пірокластичні породи, але за геологічними даними є молодшою за них. Гідротермально-змінені пірокластичні породи формують верхню частину відслонення. У багатьох відношеннях вони подібні до лапілевих туфів з інших місць на Галіндезі та сусідніх островах. Головною відмінністю є своєрідна сплюснена «ф'ямеподібна» форма лапілів та їх паралельна орієнтація у субвертикальній площині, що має азимут простягання 5°. Макроскопічно для зразків властиве світло-сіре із зеленуватим відтінком забарвлення загальної маси. На ній виділяються попелові (<2 мм) і лапілеві (2-64 мм) уламки з переважаючим розміром від 4 до 10 мм. Їх відсотковий вміст становить до 40-45% від об'єму породи, з яких близько 30% припадає на лапілеві частки. При дослідженні петрографічних шліфів з'ясувалось, що для матриксу зразків характерна так звана псевдофлюїдальна мікротекстура, яку надають розкристалізовані вітрокласти. Вони часто мають витягнуті, сплюснені форми, а в деяких випадках «розірвані» кінці, що нагадують язики полум'я. Такі утворення прийнято називати *ф'яме*. Характерною ознакою всіх досліджених зразків ігнімбритів є інтенсивні гідротермально-метасоматичні зміни. Вони призвели до повної перекристалізації вулканічного скла, яке перетворене на фельзит – дрібнокристалічний агрегат лужних польових шпатів та кварцу. Незважаючи на суттєве перетворення речовинного складу, добре зберігаються реліктові особливості будови ігнімбритів: лапілева пірокластична мікроструктура, що представлена уламками перекристалізованих ф'яме та літокластів кислого і середнього складу. Попелові частки, окрім названих, також містять кристалокласти плагіоклазу і кварцу. Первинний мафічний мінерал повністю заміщений продуктами вторинних змін, які часто формують агрегати кальциту, епідоту та хлориту. Спільними акцесорними мінералами є циркон і апатит, також у незначній кількості присутні непрозорі мінерали. Певною відмінністю зразків є ступінь постмагматичних змін, який, вірогідно, залежить від віддаленості від нижчезалягаючої інтрузії. Наскрізна вторинна мінералізація представлена появою епідоту, хлориту, кальциту і серициту.

**Висновки.** Досліджувані ігнімбрити є абсолютно новим об'єктом як для району УАС на о. Галіндез, так і для території Аргентинських островів загалом. Вони є частиною літостратиграфічного підрозділу юрсько-крейдового віку – Вулканогенної товщі Аргентинських островів. Визначальними особливостями цих порід є ігнімбритова будова, що включає: численні розкристалізовані ф'яме, псевдофлюїдальність матриксу, кристалокласти кварцу і плагіоклазу та літокласти. Усі представники піддаються досить інтенсивним гідротермально-метасоматичним змінам. У результаті цього первинне вулканічне скло повністю перекристалізоване, а вторинна мінералізація представлена появою епідоту, хлориту, серициту та кальциту. Первинними збереженими мінералами є кварц, частково плагіоклаз, циркон та апатит.

Ступінь збереженості порід вважається помірним. Петрографічні дослідження показали, що всі зразки відносяться до порід кислого складу.

**Список використаних джерел:**

- Leat P.T., Scarrow J.H. [1994]. Central volcanoes as sources of the Antarctic Peninsula Volcanic Group. *Antarctic Science*, 1994, 6(3), 365-374.
- Marshall P. [1932]. Notes of some volcanic rocks of the North Island of New Zealand. *New Zealand Journal of Science and Technology*, 1932, 13, 198-200.
- Mytrokhyn O.V., Bakhmutov V.G. [2017]. Petrographic diversity and geological position of the rocks on the area of Ukrainian Antarctic station "Akademichian Vernadskyi" // *Abstract of VIII International Conference dedicated to the 25<sup>th</sup> anniversary of Ukrainian's accession to the Antarctic Treaty*, Kyiv, 2017, P.133-134.
- Riley T.R., Flowerdew M.J., Hunter M.A., Whitehouse M.J. [2010]. Middle Jurassic rhyolite volcanism of eastern Graham Land, Antarctic Peninsula: age correlations and stratigraphic relationships. *Geological Magazine*, 147 (4), 581-595.
- Schmincke H.-U. [2004]. *Volcanism*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. 333 p

**МЕТОДИКА ПАЛЕОГЕОМОРФОЛОГІЧНОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ  
АНАЛІЗУ УМОВ ФОРМУВАННЯ ТА ПРОГНОЗУ РОЗСИПНИХ РОДОВИЩ (НА  
ПРИКЛАДІ ТРОСТЯНИЦЬКОГО РОДОВИЩА)**

*Мережко М.*

*Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна,  
e-mail: [geoinsgeo@gmail.com](mailto:geoinsgeo@gmail.com)*

*The paper presents a methodology of paleogeomorphological reconstruction that enables the restoration of sedimentary basin evolution and tracing the conditions of placer deposit formation. The method is based on the integration of stratigraphic, lithofacies, and geochemical data.*

*Keywords: paleogeomorphology, reconstruction, methodology, ilmenite placers, Trostianets deposit.*

**METHODOLOGY OF PALEOGEOMORPHOLOGICAL RECONSTRUCTION  
FOR ANALYZING THE FORMATION CONDITIONS AND FORECASTING  
PLACER DEPOSITS (CASE STUDY OF THE TROSTIANETS DEPOSIT)**

*Maria MEREZHKO*

*Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
e-mail: [geoinsgeo@gmail.com](mailto:geoinsgeo@gmail.com)*

Палеогеоморфологічні реконструкції зарекомендували себе як ефективний метод у вивченні закономірностей формування розсіпних родовищ. Цей метод полягає у здатності відтворювати розвиток рельєфу, простежувати напрямки переміщення уламкового матеріалу і визначати ділянки, де відбувалася концентрація важких мінералів. Особливо цінним це є для розсіпних родовищ, де рудоносність визначається не лише вихідним джерелом зносу, а й послідовністю геоморфологічних подій, які контролювали умови перевідкладання, сортування та накопичення важких мінералів.

Запропонована методика передбачає кілька послідовних етапів. Спершу формується умовний стратиграфо-фаціальний розріз за аналогами та літературними даними, а також із використанням атласу палеогеографічних карт (*Атлас...*, 1960), який відображає гіпотетичне поширення морських, лагунних і континентальних фацій у різні епохи. Це дозволяє відновити ймовірну повну послідовність відкладів та окреслити зміни середовищ у часі. Потім цей розріз зіставляється з фактичними даними буріння та геологічного картування на досліджуваній ділянці. Таким чином визначаються відсутні або денудовані елементи і відновлюється первісна будова басейну.

На наступному етапі здійснюється реконструкція давніх поверхонь. Визначаються ерозійні рівні, палеодолини, межі поширення алювіальних і лагунних систем. Це дає можливість простежити напрямки транспорту уламкового матеріалу та визначити ділянки, де відбувалася акумуляція важких мінералів.

Реконструкції будуються у вигляді часових зрізів. Наприклад, для Тростяницького родовища інтервал реконструкції охоплює юру – неоген. В цей період тут відбувалися повторні трансгресії та регресії Східного Паратетису, формування річкових і лагунних систем та неодноразове перевідкладання продуктів вивітрювання габро-анортозитів Коростенського плутину. В інших районах, залежно від віку кори вивітрювання й особливостей геоморфологічного розвитку часові межі будуть відмінними. Це робить методику адаптивною до різних геологічних контекстів та

відкриває можливості для прогнозу, адже дозволяє виявляти закономірності формування алювіальних і дельтових систем, які є концентраторами важких металів.

Інтерпретація результатів проводиться в межах моделі «джерело – транспорт – концентрація» (Pohl, 2022). У випадку Тростяницького родовища джерелом були кори вивітрювання на габро-анортозитах, транспорт здійснювався флювіальними та лагунними системами, а концентрація відбулася у палеогенових алювіальних та дельтових відкладах, які й стали головними рудоносними горизонтами.

Практичне значення методики полягає в тому, що вона дозволяє не лише пояснити генезис відомих родовищ, а й визначити критерії для прогнозу нових. Встановлення напрямів палеостоку, локалізація палеодолин і аналіз геохімічних трендів значно підвищують точність пошуків та зменшують ризики при оцінці перспективності ділянок.

**Висновок.** Запропонована методика палеогеоморфологічної реконструкції є комплексним підходом, що інтегрує стратиграфічні, літолого-фаціальні та геохімічні дані. Вона забезпечує відновлення повної картини розвитку осадового басейну й дозволяє надійно визначати умови формування розсипних родовищ. На прикладі Тростяницького родовища показано, що методика дозволяє не лише пояснити походження продуктивних горизонтів, а й застосовувати отримані закономірності для прогнозу нових ільменітоносних розсипів у межах Українського щита.

#### **Список використаних джерел:**

Pohl, W. L. (2022). Metallogenic models as the key to successful exploration — a review and trends. *Mineral Economics*, 35(3), 373–408.

Атлас палеогеографічних карт Української і Молдавської РСР (з елементами літофацій) масштабу 1:2 500 000 / Бондарчук В. Г. (відп. ред.). – Київ: Вид-во АН УРСР, 1960. – 60 с.

**ПЕРШІ ДАНІ ПРО ГЕОЛОГІЮ ОСТРОВІВ ДАНЕБРОГ  
(БЕРЕГ ГРЕЯМА АНТАРКТИЧНОГО ПІВОСТРОВА)**

*Митрохин О.В.<sup>1,2</sup>, Бахмутов В.Г.<sup>3</sup>, Бручко М.Р.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка,

<sup>2</sup>Інститут геологічних наук Національної академії наук України

<sup>3</sup>Інститут геофізики імені С.І.Субботина Національної академії наук України

*The Dannebrog Islands is small island group in the Wilhelm Archipelago located west of the Graham Coast of the Antarctic Peninsula. Ukrainian scientists carried out the first geological survey on the Dannebrog Islands in 2020. It was found that the geology of the three largest Dannebrog Islands is similar to that of the nearest and better-studied Booth, Hovgaard, Pléneau and Vedel islands. The geological structure of newly studied islands is dominated by unmetamorphosed plutonic rocks namely dioritoids and granitoids. The age of the Dannebrog granitoids is apparently identical to their analogues on Booth Island for which Paleocene U-Pb zircon isotopic dating has been obtained by predecessors. The dioritoids were likely formed somewhat earlier than the granitoids. The oldest rocks are xenoliths of gabbroids found in dioritoids on Danebrog-II Island. Basaltic and andesitic dykes intrude the granitoids on Danebrog-I Island. They belong to Late Cenozoic mafic dyke swarm that traced from Roca and Cruls Islands through Vedel Island to the Dannebrog Islands in the northeastern direction. Evidence of glacial abrasion and moraine deposits on the Dannebrog Islands was formed during the Last Glacial Maximum in the Pleistocene, when the Wilhelm Archipelago and the entire surrounding area were covered by a massive ice sheet.*

**FIRST DATA ON THE GEOLOGY OF THE DANNEBROG ISLANDS  
(GRAHAM COAST OF THE ANTARCTIC PENINSULA)**

*Mytrokhyn O.V., Bakhmutov V.G., Bruchko M.R.*

**Вступ.** Острови Данеброг – невелика острівна група, яка розташовується поблизу Берегу Грея Антарктичного півострова на північний захід від о. Бут. Разом з навколишніми островами Бут, Вауверманс, Плено, Ховгаард, Ведел та Міріади вони належать до архіпелагу Вільгельма. На півдні цього архіпелагу знаходяться Аргентинські острови, де розміщена Українська антарктична станція «Академік Вернадський». Шхерне мілководдя з чисельними підводними скелями суттєво ускладнюють мореплавство в акваторії островів Данеброг. Єдиним засобом для їх досягнення є моторні човни «Зодіак». Але віддаленість від УАС, несприятливі метеорологічні умови та непердбачувана льодова обстановка створюють значні перешкоди для висадки на узбережжя. Тому острови Данеброг досі лишалися майже не вивченими у геологічному відношенні.

**Аналіз попередніх досліджень.** Незважаючи на те, що острови Данеброг з'явилися на географічних картах у другій половині XIX сторіччя, на геологічних картах вони залишалися «незафарбованими» аж до 2020 року, коли їх дослідили українські геологи. Побіжна згадка про один з Данеброгів міститься у відомій роботі “The petrology of the Graham Coast, Graham Land” (Curtis, 1966), де наведено стислий петрографічний опис зразка «тоналіту» з найбільш південно-західного острова цієї групи. Зауважимо, що за сучасною класифікацією цей зразок має називатись кварцовий діорит. Стосовно точного місця його відбору можна лише здогадуватись, що це один з невеликих острівців західніше о. Плено. Набагато краще досліджена геологія найближчих до Данеброгів островів, зокрема – оо. Бут, Ховгаард, Плено та Ведел

(Curtis, 1966; Митрохин та Бахмутов, 2020; Митрохин та ін., 2021). З'ясовано, що тут поширені плутони габроїдів, діоритів та гранітоїдів, які інтродують один одного у гомодромній послідовності. Для гранодіоритів о.Бут отримані U-Pb ізотопні датування по цирконам, які засвідчили їх палеоценовий вік (Zheng et al., 2018). Наймолодшими інтрузивними утвореннями на архіпелазі Вільгельма вважаються рої мафічних дайок пізньо-кайнозойського віку (Mytrokhyn et al., 2023).

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** У 2020 році О.Митрохин та В.Бахмутов здійснили геологічну зйомку, яка охопила три найбільші острови з групи Данеброг. Оскільки крупномасштабна топографічна карта на цю площу відсутня, геологічні маршрути та пункти спостережень наносились на космознімок Google Earth (рис.1). Польові описи відслонень та колекція гірських порід, яка включала 13 зразків, оброблялися в ННІ «Інститут геології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Петрографічні дослідження шліфів на поляризаційному мікроскопі виконали М.Бручко та О.Митрохин.



*Рис. 1. Космознімок Google Earth від 26.01.2004 з картою фактичних матеріалів, що були отримані в результаті геологічної зйомки островів Данеброг 19.02.2020 та 3.03.2020.*

**Отримані результати.** Маршрутна геологічна зйомка показала, що у другій половині лютого та на початку березня більша частина території досліджених островів Данеброг вкрита постійним снігово-льодовим покривом. Але вздовж берегової лінії з під нього повсюдно оголюються корінні виходи гірських порід інтрузивно-магматичного походження. Серед них найбільш розповсюджені плутонічні породи діоритового складу. Їх чисельні оголення простежуються вздовж північного та західного узбереж островів Данеброг-II та Данеброг-III. Це сірі середньозернисті породи мезократового складу. Їх характерною особливістю є присутність включень більш темних мафічних порід. Частина включень представлені мікродіоритами та мають морфологічні особливості mafic magmatic enclaves. Крім них трапляються включення габроїдів, які, вочевидь, є ксенолітами. Окремі ксеноліти габроїдів на північно-західному узбережжі о.Бут-II сягають розмірів 6-7 м. В одному місці на

о. Данеброг-III діоритові породи перетинаються чисельними жилами гранітоїдів.

Уся східна частина о. Данеброг-I складена гранітоїдами. Їх протяжні виходи також виявлені на північно-східному узбережжі о. Данеброг-II. Це світло-сірі середньозернисті породи, які відрізняються від діоритоїдів лейкократовим складом з високим вмістом кварцу. Мафічних включень в них помітно менше, а місцями вони зовсім відсутні. Замість того, в гранітоїдах подекуди трапляються ділянки зі смугастою будовою. На о. Данеброг-I гранітоїди інтродуються чисельними мафічними дайками північно-східного простягання. Зазначені дайки можуть мати базальтоїдний або андезитовий склад.

Поверхня вищеописаних корінних виходів діоритоїдів та гранітоїдів виявляє ознаки льодовикової екзарації. В западинах корінного рельєфу трапляються незцементовані моренні відклади. Вони характеризуються грубоуламковим складом, поганим сортуванням та помірною обкатаністю уламків. Широко розповсюджені ератичні уламки – валуни, галька та щебінь таких гірських порід, які не виявлені у корінному заляганні. Серед них ідентифіковані ератики андезитів та вулканічних туфів, червоних лужнопольовошпатових гранітів, а також філітів та слюдяних сланців, зім'ятих у складні складки.

### **Висновки.**

1. Геологія трьох найбільших островів Данеброг є подібною до найближчих та краще вивчених островів архіпелагу Вільгельма – Бут, Ховгаард, Плено та Ведел. Головну роль в їх геологічній будові відіграють неметаморфізовані інтрузивно-магматичні утворення плутонічної фації, серед яких найбільш характерними є діоритоїди та гранітоїди.

2. Геологічний вік гранітоїдів Данеброг, вочевидь, є тотожним з їх аналогами на о. Бут, для яких попередниками були отримані палеоценові U-Pb ізотопні датування по цирконам. Діоритоїди, вочевидь, формувалися дещо раніш гранітоїдів, а найдавніший вік мають ксеноліти габроїдів з о. Данеброг-II.

3. Дайки базальтоїдного та андезитового складу, які інтродують гранітоїди на о. Данеброг-I, напевно, належать до рою мафічних дайок пізньо-кайнозойського віку, що простежується у північно-східному напрямку від островів Рока та Крулс, через острови Ведел до Данеброгів.

4. Прояви льодовикової екзарації та моренні відклади на островах Данеброг сформувалися під час останнього льодовикового максимуму, який мав місце у плейстоцені, коли архіпелаг Вільгельма та уся навколишня акваторія були вкриті потужним льодовиковим покривом.

### **Список використаних джерел:**

- Митрохин О.В., Бахмутов В.Г. [2020]. Геологічна будова та петрографія островів Ведель (архіпелаг Вільгельма, Західна Антарктика) // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. – 2020. – Вип.3(90). – С.18-27. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.90.03>
- Митрохин О., Бахмутов В., Алексеєнко А., Митрохина Т., Марущенко О. [2021]. Інтрузивно-магматичні утворення Архіпелагу Вільгельма Західної Антарктики (Частина 1 – Інтрузиви габроїдів, діоритів та гранітоїдів). Вісн. Київ. ун-ту. Геологія, 2021, Вип.4(95), С.6-15. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.95.01>
- Curtis, R. [1966]. The petrology of the Graham Coast, Graham Land. British Antarctic Survey Scientific reports. – №50. – 51 p.
- Mytrokhyn O.V., Gavryliv L.I., Bakhmutov V.G. [2023]. Late Cenozoic magmatism on the Wilhelm Archipelago, Graham Coast of the Antarctic Peninsula. Geologičnij žurnal, 3 (384): 45–63. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2023.3.277713>
- Zheng G.G., Liu X., Liu S., Zhang S.H., Zhao Y. (2018). Late Mesozoic–early Cenozoic intermediate–acid intrusive rocks from the Gerlache Strait area, Antarctic Peninsula: Zircon U–Pb geochronology, petrogenesis and tectonic implications. *Lithos*, 312–313, 204–222. [doi:10.1016/j.lithos.2018.05.008](https://doi.org/10.1016/j.lithos.2018.05.008)

## CHARACTERISTICS OF (LA-GD) CHONDRITE-NORMALIZED PATTERNS OF NATURAL NODULAR MONAZITES

*Mihalchenko I.*

*State Institution "The Institute of Environmental Geochemistry of National Academy of Sciences of Ukraine", Kyiv, [alcoldan@i.ua](mailto:alcoldan@i.ua)*

*The paper presents the results of a study on the parameters of chondrite-normalized rare earth element patterns (La–Gd), including  $La_N/Nd_N$  ratios and cerium ( $Ce/Ce^*$ ), neodymium ( $Nd/Nd^*$ ), and europium ( $Eu/Eu^*$ ) anomalies in nodular monazites from phyllite-like slates of the Skelyuvatka Formation of the Precambrian Krivoy Rog Series (Ukraine), placers of La Monnerie (France), Urasalah Creek in the Kular Range (Siberia), and carbonaceous slates surrounding the Kara astrobleme on Morango Island (Pai-Khoi). The study reveals similarities in  $La_N/Nd_N$  ratios but distinct differences in  $Ce/Ce^*$ ,  $Nd/Nd^*$ , and  $Eu/Eu^*$  anomalies of the Ln patterns, which may reflect variations in the physicochemical conditions during the natural crystallization of nodular monazite grains.*

## ОСОБЛИВОСТІ ХОНДРИТ-НОРМОВАНИХ СПЕКТРІВ ЛАНТАНОЇДІВ (LA-GD) НОДУЛЯРНИХ МОНАЦИТІВ

*Михальченко І.І.*

**Introduction.** Monazite ( $LnPO_4$ ) is one of the most important minerals for studying the lanthanide series elements (Ln) due to its ability to efficiently concentrate Ln, Th, and U within its crystal lattice. The lanthanide pattern provides rich information for reconstructing crystallization conditions, interactions with melts or fluids, as well as subsequent epigenetic transformations of crystals. The primary value of such analyses lies in identifying characteristic anomalies and asymmetries in lanthanide patterns, which arise from specific lanthanide fractionation mechanisms. Since 1936, a distinct variety of monazite – nodular monazite (kularite) – has been recognized, characterized by the presence of inclusions of rock-forming minerals from the host low-grade metamorphic or metasedimentary rock. Numerous chemical analyses of this monazite variety have revealed significant compositional variability, most notably the zoning of Ln and Th distribution within individual grains.

**Analysis of previous studies, problem statement, and relevance of its resolution.** To date, a substantial body of data on the chemical composition of natural nodular monazites has been published; however, most of these studies characterized bulk grain samples or individual spot analyses of separate crystals. In recent years, research employing localized analytical techniques has been published, enabling the characterization of lanthanide (Ln) compositions within individual zones of nodular monazites—at least across the La–Gd segment of the Ln pattern.

In 2025, findings on the variability of europium anomaly values ( $Eu/Eu^*$ ) in Ln patterns of natural monazite-group minerals of diverse genesis were reported (*Mihalchenko, 2025*). Particularly pronounced variations in  $Eu/Eu^*$  were observed between Ln patterns of rare monazite-(La) and monazite-(Sm) samples. It was concluded that the high variability of  $Eu/Eu^*$  values in the studied spectra results from fractionation of lanthanides during mineral-forming processes.

One distinctive feature of natural monazite crystals is the presence of elevated Nd concentrations in their core regions – up to Mz-(Nd) – alongside elevated Eu contents, accompanied by correspondingly lower concentrations of La and Ce. This compositional pattern should be reflected in the estimates of  $La_N/Nd_N$  ratios and in cerium ( $Ce/Ce^*$ ),

neodymium (Nd/Nd\*), and europium (Eu/Eu\*) anomalies calculated from chondrite-normalized Ln concentrations in the chemical composition of nodular monazites.

**Purpose of the study:** to identify and evaluate the characteristics of chondrite-normalized rare earth element spectra (La–Gd) in crystals of nodular monazite.

**Materials and methodology.** This study is based on both our own analytical data on the chemical composition of nodular monazite grain (*Mihalchenko et al., 2024*) and published datasets (*Lazareva et al., 2018; Kovalchuk & Shumilova, 2020; Tuduri et al., 2023*).

To characterize the REE patterns, the following parameters were selected:  $La_N/Nd_N$  ratios and estimates of cerium (Ce/Ce\*), neodymium (Nd/Nd\*), and europium (Eu/Eu\*) anomalies, calculated from chondrite-normalized concentrations of REEs measured in the chemical composition of nodular monazite.

Based on chemical analyses, mass fractions of lanthanides (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd) were determined. For each element, a concentration coefficient was calculated using the formula:  $L_{N_N} = L_{N_i} / L_{N_H}$ , where  $L_{N_N}$  is the concentration coefficient of the lanthanide,  $L_{N_i}$  is the mass fraction of the lanthanide in the sample, and  $L_{N_H}$  is the mass fraction of the lanthanide in CI chondrite (Sun & McDonough, 1989). Spider diagrams were subsequently constructed using these normalized values.

Cerium (Ce/Ce\*), neodymium (Nd/Nd\*), and europium (Eu/Eu\*) anomalies were calculated using the following equations:  $Ce/Ce^* = Ce_N / (La_N \cdot Nd_N)^{1/2}$ ;  $Nd/Nd^* = Nd_N / (Pr_N \cdot Sm_N)^{1/2}$ ;  $Eu/Eu^* = Eu_N / (Sm_N \cdot Gd_N)^{1/2}$ ; where  $La_N$ ,  $Ce_N$ ,  $Pr_N$ ,  $Nd_N$ ,  $Sm_N$ ,  $Eu_N$ ,  $Gd_N$  represent the chondrite-normalized concentrations of the respective elements in the sample, normalized to their corresponding CI chondrite abundances (Sun & McDonough, 1989). Statistical analysis was performed using arithmetic mean values (ave) of the respective parameters.

**Results and Their Discussion.** The  $La_N/Nd_N$  ratios, Ce/Ce\*, Nd/Nd\*, and Eu/Eu\* derived from chemical analyses of nodular monazite are summarized in the table. The results of the conducted studies reveal significant variations in the  $La_N/Nd_N$  ratios, Ce/Ce\*, Nd/Nd\*, and Eu/Eu\*, both within the entire analyzed sample set of nodular monazite and among individual monazite grains.

The  $La_N/Nd_N$  ratios range from 0.1407 to 4.6443; Ce/Ce\* from 0.915 to 1.640; Nd/Nd\* from 0.529 to 4.796; and Eu/Eu\* from 0.0426 to 1.6833 (see Table). Given the significant variability observed in these parameters among individual samples and chemical analyses of each grain of nodular monazite, further analysis of the parameters was conducted on a per-grain basis.

Nodular monazite from the Skelyuvatska Formation of the Kryvyi Rih Series (Ukrainian Shield) (samples nos. 1–23) exhibits a zoned structure composed of Mz-(Ce) (relict core), Mz-(Nd) (grain nucleus), and Mz-(Ce) (grain rim).

For the relict cores (samples nos. 10–13), the measured parameters are as follows:  $La_N/Nd_N$  ratios ranges from 0.9689 to 1.9636 (average = 1.4801); Ce/Ce\* from 1.12 to 1.33 (average = 1.23); Nd/Nd\* from 0.53 to 1.08 (average = 0.77); and Eu/Eu\* from 0.16 to 1.41 (average = 0.67). For the grain nuclei (samples nos. 7–9, 14–16),  $La_N/Nd_N$  ratios from 0.1407 to 0.2865 (average = 0.1949); Ce/Ce\* from 1.25 to 1.640 (average = 1.39); Nd/Nd\* from 0.83 to 0.96 (average = 0.89); and Eu/Eu\* from 0.28 to 1.68 (average = 0.94). For the grain rims (samples nos. 1–6, 17–23),  $La_N/Nd_N$  ratios from 0.9846 to 4.5000 (average = 2.5926); Ce/Ce\* from 1.14 to 1.51 (average = 1.33); Nd/Nd\* from 0.57 to 1.30 (average = 0.77); and Eu/Eu\* from 0.16 to 1.24 (average = 0.77).

The grains of nodular monazites L2G7 and L5G3 from the La Monnerie placer deposit exhibit a zoned structure. The core zones display higher concentrations of Nd (up to mz-(Nd)), whereas the outer zones are enriched in Ce (mz-(Ce)) (*Tuduri et al., 2023*).

**Table. Results of calculations for  $\text{La}_N/\text{Nd}_N$  ratios, cerium anomaly ( $\text{Ce}/\text{Ce}^*$ ), neodymium anomaly ( $\text{Nd}/\text{Nd}^*$ ), and europium anomaly ( $\text{Eu}/\text{Eu}^*$ ) based on chemical analyses of nodular monazites ( $\text{Mz}^*$ ).**

№	Mz	$\text{La}_N/\text{Nd}_N$	$\text{Ce}/\text{Ce}^*$	$\text{Nd}/\text{Nd}^*$	$\text{Eu}/\text{Eu}^*$	№	Mz	$\text{La}_N/\text{Nd}_N$	$\text{Ce}/\text{Ce}^*$	$\text{Nd}/\text{Nd}^*$	$\text{Eu}/\text{Eu}^*$
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	Ce	2.2617	1.22	1.30	-	32	Ce	0.7123	1.01	1.23	0.85
2	Ce	4.5000	1.18	0.63	-	33	Nd	0.5623	0.93	1.21	0.79
3	Ce	4.2042	1.27	0.87	-	34	Ce	0.8425	1.03	1.21	0.80
4	Ce	1.9239	1.51	0.57	-	35	Ce	0.8569	1.04	1.35	0.83
5	Ce	1.7477	1.14	0.84	-	36	Ce	0.9184	1.04	1.22	0.81
6	Ce	2.0941	1.39	0.80	-	37	Ce	0.8415	1.04	1.35	0.83
7	Nd	0.1484	1.26	0.88	0.70	38	Ce	0.7331	1.01	1.31	0.81
8	Nd	0.1498	1.64	0.88	1.36	39	Ce	2.7575	1.09	1.44	0.96
9	Nd	0.2492	1.27	0.83	1.07	40	Ce	2.6162	1.12	1.41	0.97
10	Ce	1.9636	1.24	0.53	0.61	41	Ce	2.6073	1.11	1.42	0.96
11	Ce	1.6557	1.33	0.74	0.49	42	Ce	2.4927	1.13	1.41	0.95
12	Ce	0.9689	1.12	1.08	1.41	43	Ce	2.4549	1.12	1.40	0.99
13	Ce	1.3323	1.25	0.75	0.16	44	Ce	2.6457	1.12	1.43	0.91
14	Nd	-	-	0.96	0.28	45	Ce	4.6443	1.09	1.46	0.88
15	Nd	0.1407	1.55	0.91	1.68	46	Ce	2.7864	1.10	1.44	0.92
16	Nd	0.2865	1.25	0.87	0.54	47	Ce	2.4715	1.11	1.42	0.91
17	Ce	0.9846	1.19	0.96	-	48	Ce	4.0394	1.09	1.48	0.92
18	Ce	1.3375	1.50	0.60	0.96	49	Ce	2.8869	1.25	1.26	0.46
19	Ce	1.6743	1.46	0.90	0.16	50	Ce	2.5095	1.51	1.46	0.59
20	Ce	2.9226	1.36	0.61	0.74	51	Ce	1.3709	1.47	1.46	0.47
21	Ce	2.3210	1.34	0.65	1.24	52	Ce	0.6256	1.33	1.28	0.61
22	Ce	3.3942	1.44	0.66	-	53	Ce	0.2955	1.13	1.09	0.53
23	Ce	4.3380	1.29	0.70	-	54	Nd	0.2920	1.14	1.08	0.67
24	Ce	0.7392	1.02	1.27	0.87	55	Nd	0.2774	1.16	1.12	0.53
25	Ce	0.7001	1.03	1.28	0.86	56	Nd	0.3074	1.17	1.06	0.59
26	Nd	0.4522	0.92	1.21	0.77	57	Nd	0.4860	1.31	1.04	0.59
27	Ce	0.7073	1.02	1.30	0.87	58	Ce	0.8017	1.39	1.36	0.28
28	Ce	0.7295	1.03	1.31	0.87	59	Ce	1.5263	1.51	1.55	0.55
29	Ce	0.7298	1.04	1.31	0.86	60	Ce	3.6785	1.57	1.55	1.03
30	Ce	0.6496	0.97	1.21	0.83	61	Ce	4.3603	1.16	1.24	0.64
31	Ce	0.7312	1.01	1.26	0.86	62	Nd	0.2287	1.00	1.10	-

\*Note: samples nos. 1–23 were calculated using data from (Mihalchenko *et al.*, 2024); nos. 24–48 from (Tuduri *et al.*, 2023); nos. 49–61 from (Lazareva *et al.*, 2018); and nos. 62 from (Kovalchuk & Shumilova, 2020). Explanations are provided in the main text.

**Grain L2G7.**  $\text{La}_N/\text{Nd}_N$  ratios for the core (analyses nos. 24–33 in the table) range from 0.4522 to 0.7392 (average = 0.6714);  $\text{Ce}/\text{Ce}^*$  ranges from 0.92 to 1.04 (average = 1.00);  $\text{Nd}/\text{Nd}^*$  ranges from 1.21 to 1.31 (average = 1.26);  $\text{Eu}/\text{Eu}^*$  ranges from 0.77 to 0.87 (average = 0.84).  $\text{La}_N/\text{Nd}_N$  ratios for the rim (analyses nos. 39–43) range from 2.4549 to 2.7575 (average = 2.5857);  $\text{Ce}/\text{Ce}^*$  ranges from 1.09 to 1.13 (average = 1.11);  $\text{Nd}/\text{Nd}^*$  ranges from 1.40 to 1.44 (average = 1.42);  $\text{Eu}/\text{Eu}^*$  ranges from 0.95 to 0.99 (average = 0.97).

**Grain L5G3.**  $\text{La}_N/\text{Nd}_N$  ratios for the core (analyses nos. 34–38) range from 0.7331 to 0.9184 (average = 0.8385);  $\text{Ce}/\text{Ce}^*$  ranges from 1.01 to 1.04 (average = 1.03);  $\text{Nd}/\text{Nd}^*$  ranges from 1.21 to 1.35 (average = 1.29);  $\text{Eu}/\text{Eu}^*$  ranges from 0.80 to 0.83 (average = 0.82).  $\text{La}_N/\text{Nd}_N$  ratios for the rim (analyses nos. 44–48) range from 2.4715 to 4.6443 (average = 3.3174);  $\text{Ce}/\text{Ce}^*$  ranges from 1.09 to 1.12 (average = 1.10);  $\text{Nd}/\text{Nd}^*$  ranges from 1.42 to 1.48 (average = 1.45);  $\text{Eu}/\text{Eu}^*$  ranges from 0.88 to 0.92 (average = 0.91).

Nodular monazite from placer concentrates of the Urasalakh Creek gold placer deposit in the Kular Range. The probable source of the monazite is Permian black shales of the Kular-Nera terrane (Lazareva *E.V. et al.*, 2018).

Analyses of core of this monazite (nos. 53–56)  $\text{La}_N/\text{Nd}_N$  ratios are within the range of 0.2774 to 0.3074 (average = 0.2931);  $\text{Ce}/\text{Ce}^*$  ranges from 1.13 to 1.17 (average = 1.15);  $\text{Nd}/\text{Nd}^*$  ranges from 1.06 to 1.12 (average = 1.08);  $\text{Eu}/\text{Eu}^*$  ranges from 0.53 to 0.67 (average

= 0.58). Rim analyses (nos. 49–52 and 57–61) show  $\text{La}_N/\text{Nd}_N$  ratios ranging from 0.4840 to 4.3603 (average = 2.0273);  $\text{Ce}/\text{Ce}^*$  ranges from 1.16 to 1.57 (average = 1.39);  $\text{Nd}/\text{Nd}^*$  ranges from 1.04 to 1.55 (average = 1.36);  $\text{Eu}/\text{Eu}^*$  ranges from 0.59 to 0.61 (average = 0.60).

Nodular monazite (sample 221/1-1) from carbonaceous shales surrounding the Kara astrobleme, Morango Island (Pay-Khoy) (Kovalchuk & Shumilova, 2020) (analysis no. 62 in the table):  $\text{La}_N/\text{Nd}_N = 0.2287$ ;  $\text{Ce}/\text{Ce}^* = 1.00$ ;  $\text{Nd}/\text{Nd}^* = 1.10$ .

### Conclusions

1. For all analyzed monazite grains, the  $\text{La}_N/\text{Nd}_N$  ratio of the core significantly differs from that of the rim. Specifically, the average  $\text{La}_N/\text{Nd}_N$  value for cores is less than 1, whereas for rims it is considerably greater than 1. This contrast reflects the distinct chemical compositions of the core and rim domains in nodular monazite grains.
2. Monazite grains from the Skelyuvatska Formation and the Urasalakh Creek placer deposit exhibit a positive average  $\text{Ce}/\text{Ce}^*$  anomaly. In contrast, nodular monazite grains from the La Monnerie placer deposit show no  $\text{Ce}/\text{Ce}^*$  anomaly in their cores and only a weak positive  $\text{Ce}/\text{Ce}^*$  anomaly in their rims.
3. Significantly higher Nd concentrations in the cores (mz-(Nd)) compared to the rims (mz-(Ce)) of nodular monazite grains from the Skelyuvatska Formation result in more pronounced negative average  $\text{Nd}/\text{Nd}^*$  anomalies in the rim than in the core. Conversely, nodular monazite grains from the La Monnerie placer deposit and the Urasalah Creek placer deposit demonstrate a positive average  $\text{Nd}/\text{Nd}^*$  anomaly in the core and rim, moreover, the average  $\text{Nd}/\text{Nd}^*$  anomaly of the rim is significantly larger than the average  $\text{Nd}/\text{Nd}^*$  anomaly of the core.
4. Nodular monazite grains from the La Monnerie placer deposit exhibit a weak negative average  $\text{Eu}/\text{Eu}^*$  anomaly in their cores and lack any  $\text{Eu}/\text{Eu}^*$  anomaly in their rims. In contrast, for nodular monazite from the Skelyuvatska Formation, the average  $\text{Eu}/\text{Eu}^*$  value of the core zone is substantially lower than that of the rim. In monazite grains from the Urasalakh Creek placer deposit, the negative average  $\text{Eu}/\text{Eu}^*$  anomalies are nearly identical in both core and rim domains.

### References

- Kovalchuk N.S., Shumilova T.G. [2020] Mineralogical and geochemical features of the black shales surrounding the Kara Astrobleme (Pay-Khoy) // *Litosfera*. – 20(2). – Pp. 168-183.
- [Lazareva E. V., Zhmodik S. M., Prokopiev A. V., Karmanov N. S., Sergeenko A. I. \[2018\] Nodular monazite from placers in the Kular Ridge \(Arctic Siberia, Russia\): Composition and age. \*Russian Geology and Geophysics\*. – V. 59\(10\). – Pp.1330–1347.](#)
- Mihalchenko I. [2025] Variations of Europium Anomaly Estimates in Lanthanide Spectras of Natural Monazite-Group Minerals // 18th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, Apr 2025 – Volume 2025. – Publisher: European Association of Geoscientists & Engineers. – Pp. 1 – 5.
- Mihalchenko I., Zaborovska L., Lytvynenko Y. [2024] THE FIRST FINDING OF NODULAR MONAZITE IN A PHYLITE-LIKE SHALE FROM THE HOST ROCKS OF THE PRECAMBRIAN IRON-SILICEOUS FORMATION OF THE UKRAINIAN SHIELD. // Collection of conference abstracts “From Mineralogy and Geognosy to Geochemistry, (MinGeoIntegration XXI-2024), Taras Shevchenko National University of Kyiv, Institute of Geology, September 25-27 – Pp.33–36. [in Ukrainian]
- Sun S.-s., McDonough W.F. (1989) Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *Magmatism in the Ocean Basins*, Geological Society Special Publication. – No. 42. – Pp. 313-345.
- Tuduri J., Pourret O., Gloaguen E., Lach P., Janots E., Colin S., Gouin J., Chevillard M., Bailly L. [2023] Formation of authigenic grey monazite: A palaeo-thermal anomaly marker in very-low grade metamorphic rocks? // *Ore Geology Reviews*. – 160(06):105583.

## МІНЕРАЛОГІЧНА ТА ГЕОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОГЕННИХ ВІДХОДІВ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТІВ УКРАЇНИ ЯК ОСНОВА ДЛЯ ЇХ КЛАСИФІКАЦІЇ ЯК ВТОРИННИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН

*Mix D.V.*

*ННІ «Інститут геології» Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
Київ, [dmytro.mikh@knu.ua](mailto:dmytro.mikh@knu.ua)*

*Technogenic waste from Ukraine's mining industry-such as tailings, waste rock, and dumps-has traditionally been viewed as an environmental burden. However, their mineralogical and geochemical composition indicates the presence of valuable components, as well as rare and dispersed elements. Analysis of data from the Kryvyi Rih, Nikopol, and Zhovti Vody regions demonstrates that many of these wastes meet the geological criteria for mineral resources in terms of target component content. The author proposes a scientifically grounded classification of such wastes as secondary mineral resources, which would enable a change in their legal status, attract investment into processing technologies, and integrate them into circular material flows. This approach would enhance Ukraine's resource security and support its commitments within the framework of European integration.*

## MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF TECHNOGENIC WASTES FROM UKRAINIAN MINING AND BENEFICIATION PLANTS AS A BASIS FOR THEIR CLASSIFICATION AS SECONDARY MINERAL RESOURCES

*Mikh D.V.*

**Вступ.** Україна має одні з найбільших у Європі запасів залізних, марганцевих та титанових руд. Проте століття інтенсивного видобутку призвело до накопичення понад 5 млрд тонн техногенних відходів. Сьогодні ці відходи формально класифікуються як відходи I-II класу небезпеки, що обмежує можливості їх економічного використання. У той же час, сучасні підходи до циркулярної економіки вимагають переосмислення таких матеріалів як потенційних вторинних корисних копалин. Ключовим науковим підґрунтям для такого переосмислення є детальна мінералогічна та геохімічна характеристика.

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення, задачі дослідження.** Техногенні відходи гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК) є одним із наймасштабніших джерел антропогенного навантаження на навколишнє середовище в Україні. Накопичення хвостів збагачення, шламів, відвалів породи та інших відходів видобувно-збагачувального виробництва становить не лише екологічну загрозу, але й потенційний ресурс для повторного використання. Протягом останніх десятиліть цій проблемі присвячено низку досліджень, зокрема роботи вчених, (Губіна, Покалюк та ін. 2023), (Булах 2017), (Астрелін та ін. 2008), які розглядали мінералогічний склад, геохімічні особливості та можливості переробки техногенних відходів.

Встановлено, що багато техногенних відходів містять залишкові концентрації цінних компонентів (залізо, мідь, цинк, кобальт, рідкісні та розсіяні елементи), які за сучасних технологій можуть бути ефективно вилучені. Водночас, значна частина цих досліджень має описовий характер і не враховує системного підходу до класифікації техногенних відходів як вторинних корисних копалин.

На сьогодні в Україні відсутня єдина науково обґрунтована класифікація техногенних утворень ГЗК, що відповідала б сучасним вимогам ресурсозбереження, циркулярної економіки та міжнародної практики управління відходами. Це ускладнює розробку ефективних технологій їх переробки, уповільнює інтеграцію техногенних ресурсів у виробничі ланцюги та стримує інвестиційну привабливість у сфері вторинної сировини.

Проблема, яку розглядається в даній роботі, полягає в тому, що, незважаючи на наявність значного обсягу даних про мінералогічний та геохімічний склад техногенних відходів, українське законодавство не передбачає категорії «вторинні корисні копалини», що блокує інноваційні проєкти з переробки відходів.

Актуальність дослідження обумовлена кількома чинниками:

- необхідністю переходу до циркулярної економіки та зменшення залежності від первинної сировини;
- зростанням екологічного тиску від накопичених техногенних масивів;
- потребою впровадження європейських підходів до управління відходами в контексті інтеграції України до європейських структур;
- наявністю науково-технічного потенціалу для розробки нових методів переробки та повторного використання техногенної сировини.

Метою дослідження є розробка науково обґрунтованих підходів до класифікації техногенних відходів гірничо-збагачувальних комбінатів України на основі їх мінералогічної та геохімічної характеристики як вторинних корисних копалин.

Для досягнення мети визначено такі завдання:

- Провести аналіз наявних даних щодо мінералогічного складу та геохімічного складу техногенних відходів різних типів ГЗК України.
- Розробити критерії класифікації техногенних відходів як вторинних корисних копалин на основі їх ресурсного потенціалу, мінералогічної форми елементів та технологічної придатності.
- Обґрунтувати пропозиції щодо впровадження розробленої класифікації у нормативно-правове поле України.

Результати дослідження мають сприяти формуванню наукової основи для ефективного управління техногенними ресурсами, зменшенню екологічного навантаження та створенню нових напрямів розвитку гірничо-металургійного сектору на засадах сталого розвитку.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Дослідження охоплює три регіони:

- Кривбас (залізні руди): хвости Центрального, Інгулецького, Північного ГЗК;
- Нікопольський басейн (марганцеві руди): шлами Нікопольського ГЗК;
- Жовті Води (урано-титанові руди): відходи Іршанського ГЗК.

Використано:

- публікації профільних наукових видань;
- порівняльний аналіз з промисловими кондиціями на відповідні руди (згідно з «Інструкцією із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ руд чорних металів (заліза, марганцю та хрому)», 2022

**Отримані результати, їх обговорення.** Аналіз показав, що:

- хвости Кривбасу містять магнетит, гематит, кварц, вміст Fe - 15-28% (*Губіна, Покалюк та ін. 2023*), промислова кондиція на бідні руди для збагачення - 18-20%;
- марганцеві шлами Нікополя - післомелан, піролюзит, Mn - 6-18% (*Булах 2017*), кондиція - 10-15%;
- титановмісні відходи Жовтих Вод - ільменіт, лейкоксен, TiO<sub>2</sub> - 5-12% - кондиція - 6-8% (*Астрелін та ін. 2008*).

Крім того, у хвостах виявлено вторинні концентрації Sc (20-50 г/т), V (0,3-0,8%).

Ці дані свідчать, що багато відходів відповідають або перевищують мінімальні промислові кондиції. Отже, з геологічної точки зору вони є потенційними корисними копалинами.

Сучасне законодавство України у сфері надр користування та управління відходами не враховує специфіки техногенних утворень як потенційних джерел вторинної сировини. Зокрема, Закон України «Про надра» (1994) та «Про відходи» (1998) визначають техногенні відходи виключно як об'єкти негативного впливу на навколишнє середовище, не передбачаючи механізмів їх переосмислення як ресурсів. Це створює правову колізію: з одного боку - відходи підлягають обліку, зберіганню та рекультивації, з іншого - їх ресурсний потенціал залишається невикористаним через відсутність чітких критеріїв класифікації як вторинних корисних копалин.

Розроблена в рамках дослідження класифікація техногенних відходів ґрунтується на трьох ключових параметрах:

- геохімічному складі (наявність та концентрація цінних компонентів);
- мінералогічній формі (технологічна доступність елементів для вилучення);
- економіко-технологічній придатності (можливість ефективного використання за сучасних технологій).

Такий підхід дозволяє диференціювати техногенні масиви на:

- відходи з високим ресурсним потенціалом (кандидати на повторне збагачення або вилучення рідкісних металів);
- відходи з середнім потенціалом (можливість використання в будівельній галузі, як сировина для виробництва в'язучих тощо);
- відходи з низьким потенціалом (потребують лише екологічно безпечного зберігання чи рекультивації).

Для впровадження цієї класифікації у нормативно-правове поле України пропонується:

- Внесення змін до Закону України «Про надра», зокрема визначення поняття «вторинні корисні копалини» та встановлення правового статусу техногенних утворень, що відповідають критеріям ресурсного потенціалу. Це дозволить включити такі об'єкти до Державного балансу запасів корисних копалин і надавати спеціальні дозволи на їх розробку.
- Розробка окремого підзаконного акту (наприклад, постанови Кабінету Міністрів України), що затверджує методичні рекомендації щодо оцінки та класифікації техногенних відходів як вторинних корисних копалин, з урахуванням мінералогічних та геохімічних показників.
- Адаптація Державної класифікації запасів корисних копалин (згідно з Кодексом гірничої промисловості України) шляхом включення категорії «техногенні родовища» або «вторинні родовища», що забезпечить їх облік, оцінку та моніторинг на загальнодержавному рівні.
- Гармонізація національного законодавства з європейськими директивами, зокрема з Директивою 2008/98/ЄС щодо відходів, яка передбачає ієрархію управління відходами, де повторне використання та переробка мають пріоритет над утилізацією та захороненням.

**Висновки.** Техногенні відходи гірничої галузі України мають обґрунтований геологічний потенціал як вторинні корисні копалини, так як їх мінералогічний та геохімічний склад часто відповідає промисловим кондиціям на первинні руди.

Впровадження запропонованої класифікації сприятиме формуванню ринку вторинної мінеральної сировини, залученню інвестицій у технології переробки техногенних відходів, скороченню обсягів захоронення відходів та зменшенню екологічного ризику, підвищенню ресурсної безпеки країни через використання внутрішніх джерел сировини.

**Подяки.** Автор вдячний науковому керівнику за методичну підтримку та колегам з інших наукових установ за надання аналітичних даних.

**Список використаних джерел:**

Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ руд чорних металів (заліза, марганцю та хрому): затв. наказом ДКЗ України від 18.10.2002 р. №155 Київ, 2022. - 48 с.

Губіна В.Г., Покалюк В.В., Верховцев В.Г., Яценко В.Г., Заборовський В.С. Хімічний склад поточних хвостів збагачення магнетитових кварцитів Криворізького басейну. Мінерал. журн. 2023. 45, № 1. С. 59-71.

Булах О.В. Короткий аналіз технологій переробки марганцевих шламів. Збагачення корисних копалин, 2017. Вип. 68 (109) С. 20-22.

І. М. Астрелін, О. Ю. Мараховська, О. В. Павленко, Н. О. Круглова, Г. В. Кримець. Кислі шлами виробництва титану (IV) діоксиду. Склад та шляхи перероблення. Хімічна промисловість України, 2008. № 5 (88). С. 33-37.

Пономаренко О., Юшин О., Грінченко О. Можливий потенціал повторного використання різних типів промислових відходів гірничовидобувної галузі України. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія. № 57 (2012). С. 63-66

## **ОСОБЛИВОСТІ СКЛАДУ І СТРУКТУРИ КРИСТАЛІВ МАГНЕТИТУ З КАЛЬЦИФІРІВ ЗАВАЛІЇВСЬКОГО КАР'ЄРУ (ЗА ДАНИМИ МІКРОЗОНДОВОГО АНАЛІЗУ І МАГНІТНИХ МЕТОДІВ)**

<sup>1</sup>Науменко Є.В., <sup>2</sup>Калініченко А.М., <sup>2</sup>Бондаренко С.М., <sup>2</sup>Багмут М.М.,  
<sup>2</sup>Калініченко О.А., <sup>3</sup>Маслак-Гудима Н.П.

<sup>1</sup>Національний науково-природничий музей НАН України, Київ,  
[kyivmineralogist@gmail.com](mailto:kyivmineralogist@gmail.com)

<sup>2</sup>Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України

<sup>3</sup>Технічний центр НАНУ, Київ

*The study of the structure and composition of magnetite from carbonate rocks using a complex of analytical and magnetic methods showed that a significant Mn content and its heterogeneity are observed on the surface of the crystals. According to FMR data, Mn- and Mg-magnetite phases were found in the magnetite solid solution. It is assumed that these are phases of the decomposition of the magnetite solid solution with such impurities during the genesis of carbonate rocks.*

## **FEATURES OF THE COMPOSITION AND STRUCTURE OF MAGNETITE OF CARBONATE ROCKS ACCORDING TO DATA FROM MICROPROBE ANALYSIS AND MAGNETIC METHODS**

*Kalinichenko A.M., Bondarenko S.M., Bagmut M.M., Kalinichenko, O.A. Maslak-  
Gudyma N.P.*

**Вступ.** Заваліївське родовище є найважливішим джерелом видобутку високоякісної графітової сировини, яке працює з 1933 року. Вивчення мінерального комплексу цього родовища може допомогти у розуміння складних і багатостадійних умов його утворення, що у свою чергу може полегшити пошуки та відкриття нових перспективних ділянок. Кристали магнетиту знаходили на цьому родовищі досить давно, але, як не дивно, досі цей мінерал не було ґрунтовно вивчено: до цього дослідження магнетит як з кальцифірів та скарнів Заваліївського родовища, так і з його околиць, був достатньо коротко описаний в монографії “Мінералогія Поділля” (Лазаренко Є.К., Сребродольський Б.І., 1969), але наведені там результати хімічного аналізу демонструють практично повну відсутність домішків Mn (0.01%). Заслужує уваги сам факт присутності у глибокометаморфізованих породах кристалів магнетиту, аналіз як хімічних, так і фізичних властивостей якого може значно розширити розуміння механізму утворення Заваліївського родовища.

Аналізу хімічного складу магнетиту Заваліївського родовища, а також його магнітних властивостей, і присвячено це дослідження.

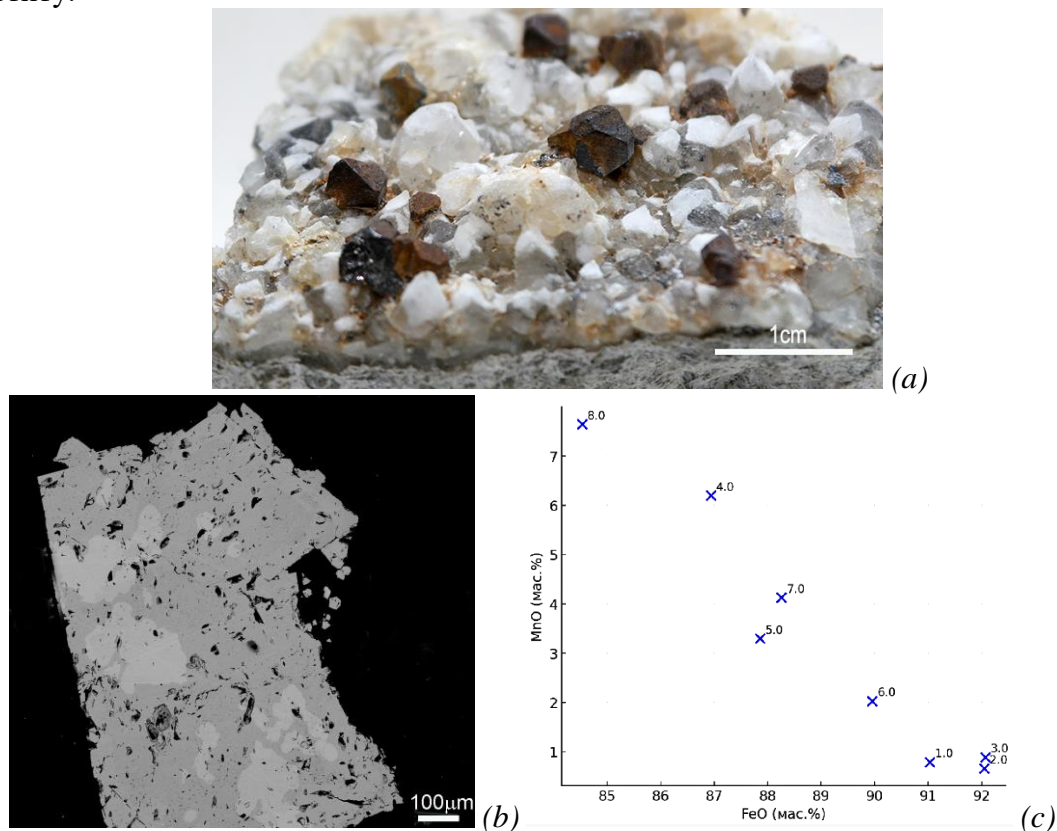
**Мета роботи** - дослідити типоморфізм магнетиту та виявити зміни в кристалічній і магнітній структурі за допомогою мікрозондового і магнітних методів.

### **Фактичний матеріал та методологія досліджень.**

Зразки кристалів магнетиту (до 7 мм у поперечнику) у вигляді щіток невеликих кристалів на карбонатній породі були знайдені одним з авторів (Є.В.Науменком) в тріщинах кальцифірів на південному борту Заваліївського графітового кар'єра. Типовою мінеральною асоціацією для магнетиту в цих породах є кристали кальциту різного габітусу, ромбодричні кристали доломіту, рідше кристали піриту, які найчастіше за все вкриті з поверхні оксидною плівкою. Макроскопічно серед кристалів переважає октадричний габітус (рис.1а), також фіксуються надзвичайно рідкісні кубічні кристали.

Основними методами досліджень магнетиту були мікрозондовий аналіз хімічного складу, термомагнітний (ТМА) аналізи, та феромагнітний резонанс (ФМР).

**Експериментальні результати та їх обговорення.** Результати мікрозондового аналізу вказують на значну гетерогенність складу поверхні зерен магнетиту за ознакою домішків іонів марганцю. Кристали оксидів належить до рідкісної магнетит ( $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$ ) - яacobситової ( $\text{Mn}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$ ) серії. Проміжні склади містять змінне співвідношення  $\text{Mn}^{2+}$  і  $\text{Fe}^{2+}$  у тетраедричних позиціях. В магнетитах спостерігається мікрохімічна нерівномірність у розподілу  $\text{MnO}$  від 0,1 та до 8 мас.%. (рис.1,С). При цьому типовий фон ізоморфної присутності мanganу у магнетиті складає 0,1-0,2 мас.%. Вміст інших домішок, які не можуть суттєво впливати на його магнітні властивості, знаходиться на межі аналітичної чутливості метода. У BSE-зображеннях в середині кристалів чітко фіксуються слабо контрастні ростові полоси та плямисті структури, що утворилися внаслідок часткового перетворення (окислення) магнетиту в маггеміт чи гематит (рис.1b). Підтвердженням цього може також бути вміст  $\text{FeO}$ , дещо нижчий, ніж в стехіометричному магнетиті ( $\sim 94\%$ ), що може свідчити про часткове окислення (маггемітизацію) поверхні досліджуваних кристалів магнетиту.



**Рис.1.** Кристалічний магнетит із Заваллівського графітового кар'єру. А – щітка кристалічних агрегатів магнетиту та кальциту на карбонатній породі; В – магнетит з слабо контрастними ростовими полоси та плямистими структурами (світле), що утворилися внаслідок часткового перетворення (окислення) магнетиту в маггеміт чи гематит, зображення у BSE; С — діаграма FeO-MnO хімічного складу оксидів серії магнетит-яacobсит, PCMA (прилад JXA 8200).

Термомагнітний аналіз з доступом повітря зр. За-1 при нагріві протягом 1-го циклу нагрів/охолодження до 700 °C показує один інтенсивний пік зменшення намагніченості насичення  $M_s$  за 578 і 560 °C при охолодженні (рис.1). Такі значення точок Кюрі при нагріві  $T_c^h$  і  $T_c^c$  при охолодженні вказують на магнетит близький за складом і структурою до стехіометричного. Значне зміщення  $T_c^c$  в сторону низьких

температур вказує на окислення магнетиту, оскільки при відсутності змін в структурі точка Кюрі за цикл нагрів/охолодження не змінюється (Нагата, 1956).

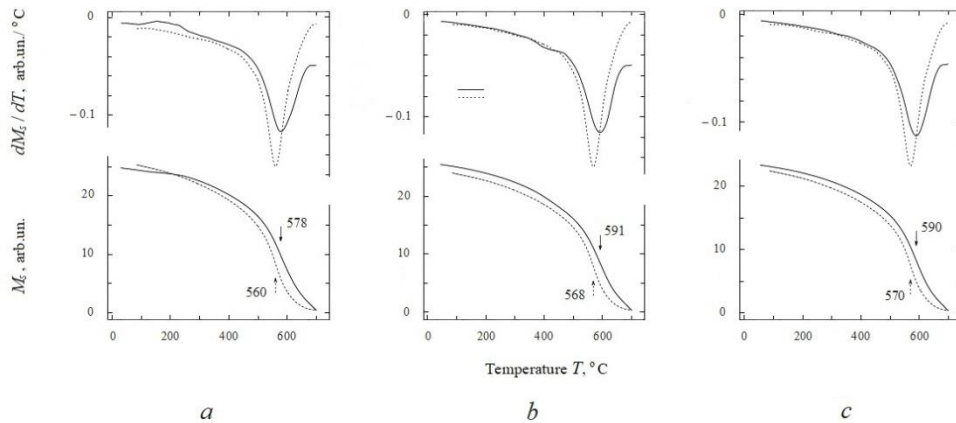


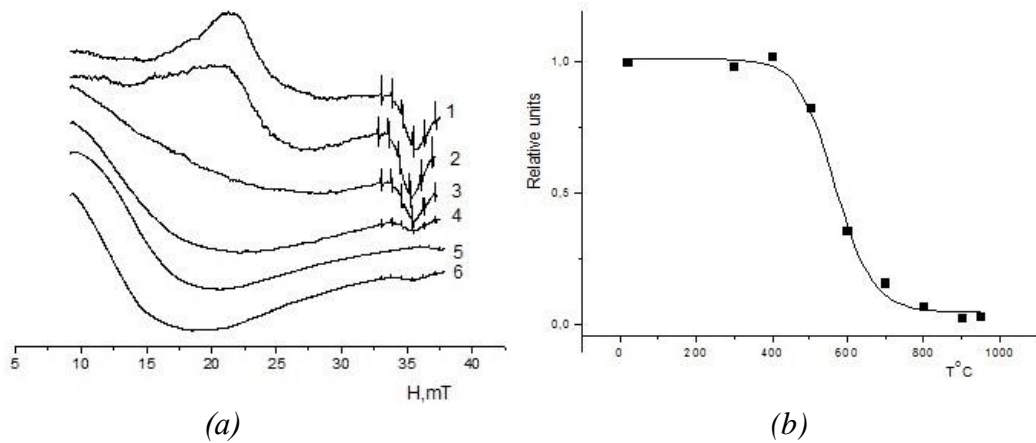
Рис.2. Термомагнітний аналіз магнетиту за 1-й, 3-й і 5-й цикл — *a*, *b* і *c*, відповідно.

Після цього циклу спостерігається помітне збільшення намагніченості, яке стає можливим завдяки маггемізації поверхні кристалів, або домішки карбонатів у мікрровключеннях або зростках.

Було проведено 5 циклів ТМА, які показали дуже слабе (13 %) окислення такого магнетиту при нагріві з обмеженим доступом повітря до 700 °С, тобто вище його точки Кюрі 580 °С. Зауважимо, що нагрів природного магнетиту з різних родовищ з доступом повітря до такої температури призводить до значного окислення магнетиту (Schmigt, 1955). Крім того, після 1-го циклу спостерігалось деяке збільшення  $M_s$  і проявилось плече біля 610 °С, яке скоріше вказує на помітну маггемізацію магнетиту (Boer, 1999), ніж домішку карбонатів. Маггемізація магнетиту підтверджується за 2-го циклу появою піку зменшення намагніченості біля 420 °С, який частково проявляється і при охолодженні, а за 3-го циклу лише при нагріві, і зникає при охолодженні. Окислення магнетиту через метастабільну фазу маггеміту проявляється в зміщенні  $T_c^h$  з 578 до 587 і 591 °С при нагріві і повернення до практично однієї температури при охолодженні 560, 565 і 565 за 1, 2 і 3-й цикли ТМА, відповідно. Зміни структури і складу магнетиту за ці цикли, ймовірно, відбуваються на поверхні зерен і суттєво не впливають на ядро. Це підтверджується тим, що наступні два цикли ТМА показали також окислення магнетиту через проміжний маггеміт, але точка Кюрі при охолодженні залишалась на 570 °С. Така точка вказує на незначні заміщення заліза марганцем в об'ємі кристалу (до 5 % MnO), так як для Mn-магнетиту вона знаходиться біля 500-510 °С (Нагата, 1956).

Крім ТМА, проводили записи спектрів ФМР вихідного зразка За-1 і після 5-ти циклів (зр. За-1-5). Спектр вихідного зразка типовий для слабо зміненого магнетиту після 5-циклів окислення став типовим для значно маггемізованого магнетиту (Калініченко, 2023). Прогрів зразка За-1-5 за 1000 °С протягом 10 хв показав спектр, форма якого вказує на компоненти слабо зміненого магнетиту – фазу, яку можливо віднести до Mn-магнетиту і гематиту. Поява фази Mn-магнетиту пов'язана з значним окисленням магнетиту, компонента якого пригнічувала компоненти інших фаз.

Це підтвердилось окисленням магнетиту при нагріві з відкритим доступом повітря в інтервалі температур 20, 300 — 950 через 100° з витримкою 10 хв при кожній температурі. Прогрів до 400 не показує суттєвих змін в параметрах спектрів, а в інтервалі до 800 °С спостерігається зменшення інтенсивності і збільшення ширини, але кристалічна і магнітна структура магнетиту зберігаються (рис.2 *a*, *b*).



**Рис.3** Спектри ФМР зр. За-1 при поетапному прогріву до  $T=950, 900, 800, 600, 400$  і  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 1-6, відповідно (а) і залежність інтенсивності сигналу від температури (b). Шість вузьких ліній на а — еталон,  $\text{Mn}^{2+}$  в  $\text{MgO}$ .

За  $900\text{ }^{\circ}\text{C}$  відбувається повне окислення магнетиту до гематиту, в спектрі зникає його компонента і проявляється нова - з параметрами і формою, близькими до двокомпонентного спектру окисненого  $\text{Mn}$ - і  $\text{Mg}$ -магнетиту (рис.2). Припущення про дві фази підтверджується прогрівом за  $950\text{ }^{\circ}\text{C}$ , коли більш широка компонента  $\text{Mn}$ -магнетиту суттєво зменшує інтенсивність, і на більшому резонансному полі приблизно такої ж ширини, проявляється компонента від окисненого домішкового  $\text{Mg}$ -магнетиту -  $\text{Mg}$ -маггеміту. Не виключено, що дві фази  $\text{Mn}$ - і  $\text{Mg}$ -шпінелі є фазами розпаду твердого розчину магнетиту з цими домішками при генезисі карбонатних порід.

**Висновки.** Дослідження комплексом аналітичних і магнітних методів структури і складу магнетиту із карбонатних порід показало, що значний вміст  $\text{MnO}$  і його гетерогенність спостерігаються на поверхні кристалів. За величиною зсуву точки Кюрі магнетиту з  $580$  до  $570\text{ }^{\circ}\text{C}$  зроблено припущення, що вміст  $\text{MnO}$  в об'ємі до  $5\text{ мас } \%$ .

Поверхня таких кристалів магнетиту окислюється через проміжний маггеміт за 3-цикли нагрів/охолодження до  $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а в об'ємі окислення з відкритим доступом повітря закінчується за  $900$ , а вже за  $950\text{ }^{\circ}\text{C}$  проявляються фази окисненого магнетиту - маггеміту. Припускається, що фази  $\text{Mn}$ - і  $\text{Mg}$ -шпінелі є фазами розпаду твердого розчину магнетиту з такими домішками при генезисі карбонатних порід.

**Список використаних джерел:**

Калініченко А.М., Снісар В.П., Багмут М.М., Калініченко О.А., Овсієнко В.В. (2023). Змінений магнетит у залізородній сировині. Євтехівські читання. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. Видавничий дім Криворізького національного університету, Кривий Ріг, С. 63-70

Лазаренко Є.К., Сребродольський Б.І. (1969). Мінералогія Поділля. Видавництво Львівського Університету, Львів, стор. 129-130

Нагата Т. (1956). Магнетизм горных пород. Москва: Изд-во. иностранной литературы, 347 с.

Boer C.B. (1999). Rock-magnetic studies of hematite, maghemite and combustion – metamorphic rocks. Part II. Maghemite. Proefschrift. Utrecht University. Utrecht. The Netherlands, pp. 137–177.

Guo W.W. (2015). Magnetic mineralogical characteristics of Hamersley iron ores in Western Australia. J. Appl. Math. Phys.. Vol 3, pp. 150–155. <http://dx.doi.org/10.4236/jamp.2015.32023>

Schmigt E.R., Vermaas F.H.S. (1955). Differential thermal analysis and cell dimensions of some natural magnetites. Am. Mineral. Vol 40, pp. 422–431

## ЛІТОЛОГІЯ І УМОВИ УТВОРЕННЯ КРЕЙДЯНИХ ВІДКЛАДІВ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ (ПЕРСПЕКТИВИ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ)

*Попп І. Т., Гаєвська Ю. П., Гавришків Г. Я, Мороз П. В.*

*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, [itpopp@ukr.net](mailto:itpopp@ukr.net)*

*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-clayey sedimentations related to deceleration of processes of terrigenous sedimentation and phases of ocean anoxic events of OAE- 1 (Barem-Alb).*

## LITHOLOGY AND CONDITIONS OF FORMATION OF CRETACEOUS DEPOSITS OF THE UKRAINIAN CARPATHIANS (PROSPECTS OF OIL AND GAS POTENTIAL)

**Popp I. T., Havryshkiv H. Ya., Haievska Yu., Moroz P.V.**

Крейдяні флішові відклади північного схилу Українських Карпат на відміну від товщ палеогенового віку не містять промислових покладів вуглеводнів. В них наявні окремі прояви нафтогазоносності (Колодій та ін., 2004). Тому вони залишаються перспективним об'єктом для пошуків родовищ нафти і газу, що зумовлює актуальність їх детального літологічного та седиментологічного вивчення .

**Літолого-фаціальні особливості.** Крейдяні відклади встановлені на значній території гірської споруди Українських Карпат (Колодій та ін., 2004). Основними об'єктами наших седиментологічних, літологічних, мінералого-петрографічних і геохімічних досліджень були вуглецевмісні скременілі теригенно-глинисті відклади шипотської і спаської світ (верхній барем-альб) і ваяковисто-глинисто-теригенний фліш стрийської світи (верхній турон – нижній палеоцен).

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, Черногорській, 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.

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. Різноманітні грубоверстуваті 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 товщю *ілемкінської світи* (до 380–400 м), складеною червоними і сіро-зеленими аргілітами з прошарками вишнево-червоних мергелів. В Кросненській, Дуклянській, Черногорській, 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.

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 (басейн 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.

**Умови седиментогенезу.** Формування вуглецевмісних товщ верхнього барему-альбу Українських Карпат пов'язані (*Сеньковський та ін., 2012, 2018*) з фазою океанічних безкисневих подій ОАЕ-1, яка всередині крейдяного періоду широко проявила себе у Світовому океані (*Jenkyns, 2010, Shlanger, Jenkyns, 1976*). Седиментація цих осадових утворень відбувалася в зоні кисневого мінімуму, переважно нижче глибини карбонатної компенсації (ГКК). Поступовий перехід від нижньокрейдяних чорносланцевих до верхньокрейдяних карбонатних і строкатих (зеленувато-сірих і червоних) відкладів вгору 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) (*Гнилко та ін., 2023*), коли в пелагіалі океанічних басейнів переважали різкоокисні умови.

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 карбонатагромадження 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 (*Шланінський та ін., 2020, 2024*). 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  $C_{org}$  в нижньокрейдяних 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 нафтогазоносності 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. Негативним фактором, який погіршував колекторські властивості пісковиків стрийської світи була їх підвищена карбонатність. Для порівняння слід відзначити, що згідно наших досліджень (Попп, 2005) у палеогенових відкладах (ямненська, вигодська, менілітова світи) найкращі колекторські властивості мають пісковики з гідролюдистим і кременисто-гідролюдистим цементом, тоді як карбонатно-теригенні породи характеризуються як неколектори.

**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 осадоагромадження і фазою океанічних безкисневих подій ОАЕ-1 (баррем-альб). В таких породах ймовірним є розвиток “нетрадиційних” колекторів тріщинного типу.

#### **Список використаних джерел:**

- Гнилко С.Р., Гнилко О.М., Супрун І.С. та ін. [2023]. Стратиграфія верхньокрейдових відкладів з океанічними червоноколірними верствами (CORBs), Українські Карпати // Геол. журн. – № 3 (384). – С. 79–107. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2023.3.281067>.
- Колодій В.В., Бойко Г.Ю., Бойчевська Л.Е. та ін. [2004]. Карпатська нафтогазоносна провінція. – Львів–Київ: ТОВ “Український Видавничий центр” – 390 с.
- Попп І.Т. [2005]. 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, – № 3–4. – С. 43–59.
- Шлапінський В.Є., Гавришків Г.Я., Гаєвська Ю.П. [2020]. Колектори нафти і газу в крейдово-палеоценових відкладах Скибового покриву Українських Карпат (північно-західна і центральна ділянки) та перспективи їх нафтогазоносності // Геол. журн. – № 3 (372). – С. 47–64. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2020.3.207341>.
- Шлапінський В.Є., Лазарук Я.Г., Попп І.Т., Гавришків Г.Я. [2024]. Літолого-стратиграфічні особливості нижньокрейдових відкладів Скибового і Дуклянсько-Чорногорського покривів Українських Карпат та перспективи їх нафтогазоносності // Геол. журн. – № 1 (386). – С. 62–80. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.1.283657>.
- Сеньковський Ю.М., Колтун Ю.В., Григорчук К.Г. та ін. [2012]. Безкисневі події океану Тетіс. Карпато-Чорноморський сегмент. – Київ: Наукова думка. – 182 с.
- Сеньковський Ю.М., Григорчук К.Г., Колтун Ю.В. та ін. [2018]. Літогенез осадових комплексів океану Тетіс. Карпато-Чорноморський сегмент. – Київ: Наукова думка. – 158 с.
- Jenkyns, H. C. [2010]. Geochemistry of oceanic anoxic events, // *Geochem. Geophys. Geosyst.* – 11. – Q03004. 30 p. <https://doi.org/10.1029/2009GC002788>.
- Shlanger S.O., Jenkyns H.C. [1976]. Cretaceous oceanic anoxic events causes and consequences. // *Geologie en Mijnbouw.* – V. 55. – P. 179–184.

## ВКЛЮЧЕННЯ У ФЛЮОРО-АПАТИТАХ З ГРАНІТОЇДІВ ГАЙСИНСЬКОГО БЛОКУ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

Решетник М.М.<sup>1,2</sup>, Шумлянський Л.В.<sup>3,4,5</sup>, Старокадомський Д.Л.<sup>3,6</sup>

<sup>1</sup> Національний науково-природничий музей НАН України, [reshetnykmariya@gmail.com](mailto:reshetnykmariya@gmail.com)

<sup>2</sup> Київський національний університет імені Тараса Шевченка

<sup>3</sup> Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України,

<sup>4</sup> Університет Кертіна, Перт, Австралія, [lshumlyansky@yahoo.com](mailto:lshumlyansky@yahoo.com)

<sup>5</sup> Інститут геологічних наук Польської академії наук, Варшава, Польща

<sup>6</sup> Інститут хімії поверхні імені О.О. Чуйка НАН України, Київ, [km80@ukr.net](mailto:km80@ukr.net)

*Apatite is a widely distributed mineral that serves as an indicator of the chemical composition of rocks. This paper presents the features and composition of inclusions in apatites from rocks of the Haisyn complex (also known as "sobites"), which are widely distributed in the junction zone between the Ros-Tikych and Dniester-Bouh regions of the Ukrainian Shield. Inclusions in fluoro-apatite are represented by both monomineral and polymineral aggregates, which are the result of crystallisation of the entrapped granitoid melt. The presence of amphiboles, graphite and carbonates in the form of inclusions in apatite indicates that the original melt contained fluid components, primarily water and carbon dioxide.*

## INCLUSIONS IN FLUORO-APATITES FROM GRANITODIES OF THE HAISSYN BLOCK OF THE UKRAINIAN SHIELD

*Reshetnyk M.M., Shumlyansky L.V., Starokadomsky D.L.*

**Вступ.** Апатит є широко розповсюдженим мінералом, слугує індикаторним особливостей хімічного складу гірських порід, і використовується як один з найважливіших мінералів у ході геохронологічних, петрологічних та металогенічних досліджень (Кривдик та ін., 2011; Mao et al., 2016; Bruand et al., 2019; 2020; Antoine et al., 2020; O'Sullivan et al., 2020; Sun et al., 2021; Wang et al., 2022; Дубина та ін., 2022; Kieffer et al., 2024).

У цій роботі предстало особливості та склад включень в апатитах з порід гайсинського комплексу (так звані "собіти"), що широко розповсюджені в зоні зчленування Росинсько-Тикицького та Дністровсько-Бузького районів Українського щита.

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення.** Собіти гайсинського комплексу, досліджені нами раніше ізотопно-геохімічними та петрологічними методами (Reshetnyk et al., 2023, 2025). З'ясовано що ці породи мають U-Pb вік за цирконом у  $2087 \pm 16$  млн рр. З даними щодо ізотопного складу гафнію в цирконах та неодиму в апатитах, джерелом вихідних розплавів собітів були більш давні (мезоархейські) корові породи. За даними (Лісна та ін., 2023; Francovschi et al., 2024) у цьому регіоні палеопротерозойські гранітоїди мають ювенільні ізотопні характеристики, які свідчать про їх виплавлення з молодих на той час корових порід. Деякі породи проявляють змішані ізотопні характеристики (Степанюк та ін., 2025), які свідчать про наявність в їх джерелі як ювенільних, так і більш давніх корових порід. Хімічний склад діоритів та гранодіоритів наближається до такого в більш давніх тоналіт-трондєміт-гранодіоритових асоціаціях району, хоча і проявляє деяке збагачення щодо більшості некогерентних елементів. Отже, палеопротерозойські гранітоїди потребують більш детального вивчення.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Досліджено включення у флюоро-апатиті зі зразків (8-2078 та 19-2078) відібраних на природному відслоненні (48,928080 N, 29,192112 E) на північ від с. Ситківці на лівому березі р. Городище (ліва притока р. Південний Буг). Флюоро-апатит виділено в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України (м. Київ) за стандартною методикою збагачення з використанням гравітаційного стола, важких рідин та магнітного сепаратора. Дослідження включень у флюоро-апатитах проводили з використанням сканувального електронного мікроскопа *ZEISS Ultra Plus* у Центрі наук про Землю ім. Гельмгольца (*GFZ Helmholtz Centre for Geosciences*) в м. Потсдам (Німеччина). Прискорювальна напруга була встановлена на рівні 15 кВ.

**Результати.** Апатити з монцосієніту містять включення інших мінералів: кварцу, амфіболу, біотиту, калієвого польового шпату, плагіоклазу, монациту, карбонатів Са, Fe, Mn та Mg, магнетиту та графіту (Рис. 1).

Одним з найрозповсюдженіших включень є монацит, який утворює дрібні кристали, що варіюють за формою від ізометричних до різко витягнутих, голкоподібних (у перетині). В останньому випадку такі кристали зазвичай закономірно орієнтовані в одному напрямку (Рис. 1). Карбонати представлені: кальцитом, сидероплезитом (магнезіальним сидеритом), та анкеритом. Кальцит містить домішку MnO – від 1 до 5 %. Сидероплезити містять значну кількість MgO – 12-14 %, а також домішки MnO – біля 1 %, та CaO – від 1 до 3 %. Анкерит вміщує до 16 % MgO, 8-9 % FeO, а також біля 1 % MnO (табл.1).

**Таблиця 1. Хімічний склад включень в флюоро-апатитах визначений електронним скануючим мікроскопом *ZEISS Ultra Plus* (вміст, вагові %).**

	F	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>
<b>A-1</b>		1.41	2.17	82.59		0.3	5.3		8.23					
<b>A-2</b>			18.54	66.53		14.58							0.35	
<b>A-3</b>	0.3	0.76	0.41	1.28		0.32	84.73	8.64	3.57					
<b>A-4</b>		15.09	8.21	44.86			2.14		29.69					
<b>A-5</b>				1.53	39.15		1.32			5.05	34.46	18.5		
<b>A-6</b>	6.99				0.68		5.71		86.63					
<b>A-7</b>					36.97		7.56		0.45	6.73	34.02	14.27		
<b>A-8</b>					38.58		4.99			7.51	35.97	12.95		
<b>A-9</b>	8.02	2.33			1.08		4.11		84.46					
<b>A-10</b>	0.12	0.69			4.52		90.76	1.51	2.4					
<b>A-11</b>	0.12	0.87			21.53		69.62	6.37	1.5					
<b>B-1</b>		13.62	15.52	39.3	1.27	8.48			19.78					2.03
<b>B-2</b>			18.74	67.13		13.19							0.94	
<b>B-3</b>			24.62	61.24			6.98						7.17	
<b>B-4</b>			0.54	99.06			0.4							
<b>B-5</b>			23.65	62.21		0.11	6.61						7.42	

<b>В-6</b>			24.04	61.66			7.11					7.19	
<b>В-7</b>			23.57	62.19			6.78					7.45	
<b>В-8</b>	6	1.49	17.2	61.75		0.61	4.07					6.3	2.58
<b>С-1</b>		25.74			3.37		49.84	1.43	19.61				
<b>С-2</b>	7.65	2.33					3.69		86.32				
<b>С-3</b>		10.03	5.53	20	17.14		27.11		20.19				
<b>С-4</b>		0.35		0.51	3		92.95	1.92	1.26				
<b>С-5</b>		16.52	7.11	46.92	0.65		3.45		25.35				
<b>С-6</b>	1.2			0.97	39.65		25.97			4.07	21.12	7.03	

(Точки визначення хімічного складу відповідають точкам, позначеним на рис.1.)

Кварц та магнетит зазвичай утворюють дрібні, розмірами до декількох мікрометрів, ізометричні кристали (рис.1). Польові шпати трапляються переважно у складі доволі крупних (до 25-30  $\mu\text{m}$ ) полімінеральних агрегатів. Калієві польові шпати містять від 3 до 10 % альбітового компоненту, тоді як плагіоклази належать до кислих андезинів ( $\text{Ab}_{65-67}\text{An}_{33-35}$ ). Біотит має залізистість  $f = 0,42-0,47$  та містить 2,0-3,7 %  $\text{TiO}_2$ . Температура кристалізації біотиту, розрахована за Luhr et al. (1984), становить 630-700  $^{\circ}\text{C}$ . Амфіболи належать до низькокальцієвих магнезально-залізистих відмін (антофіліт-жедрит; містять 45-47 %  $\text{SiO}_2$ , 7-8 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 25-30 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 15-16 %  $\text{MgO}$ , та 2,1-3,5%  $\text{CaO}$ ). Тиск під час кристалізації амфіболу за численними барометрами, що базуються на вмісті  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (розраховані за допомогою макросу MagMin\_PT, Gündüz and Asan, 2023), варіює в межах 2-3,5 кБар, що відповідає глибинам у 7-15 км. За амфібол-плагіоклазовим термобарометром (Blundy and Holland, 1990) температура кристалізації становить 735-790  $^{\circ}\text{C}$ , а тиск – біля 2 кБар. Графіт було виявлено в якості дрібного включення в плагіоклазі, що, в свою чергу, разом з іншими мінералами утворював агрегатне включення в апатиті (Рис. 1).

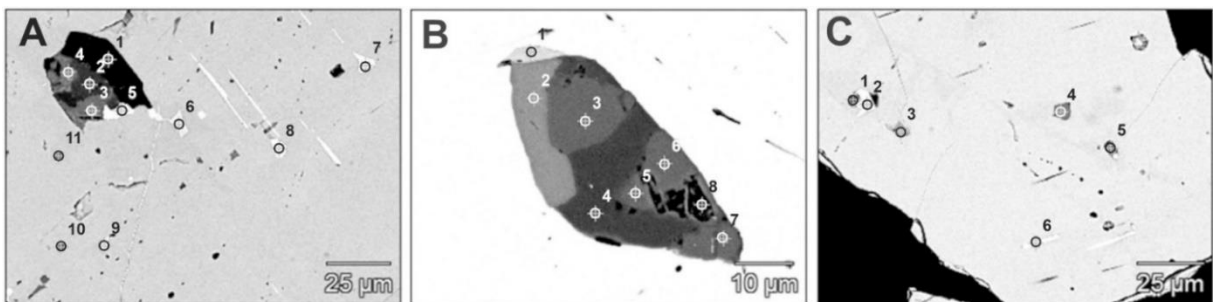


Рис. 1. Зображення включень в апатиті під електронним скануючим мікроскопом. Точки визначення хімічного складу: А) 1 – кварц; 2 – калієвий польовий шпат; 3, 10, 11 – карбонат; 4 – амфібол; 5, 7, 8 – монацит; 6, 9 – магнетит. В) 1 – біотит; 2 – калієвий польовий шпат; 3, 5, 6, 7 – плагіоклаз; 4 – кварц; 8 – графіт. С) 1, 4 – карбонат; 2 – магнетит; 3, 5 – амфібол; 6 – монацит.

Окрім мономінеральних включень, іноді трапляються полімінеральні агрегати, які являють собою результат кристалізації захопленого гранітоїдного розплаву. На Рис. 1 наведено приклади досліджених нами полімінеральних включень. Перше з включень (Рис. 1А) складене видовженим кристалом кварцу розмірами  $30 \times 13 \mu\text{m}$ , що знаходиться у зростанні з зернами калієвого польового шпату, амфіболу, карбонату і монациту

неправильної форми розмірами до 10×15 μm. Друге включення являє собою агрегат кристалів мінералів розмірами до 35×25 μm, який включає біотит, калієвий польовий шпат, плагіоклаз, кварц та графіт (рис.1В).

**Висновки.** Включення у флюоро-апатиті представлені як мономінеральними так і полімінеральними агрегатами, які являють собою результат кристалізації захопленого гранітоїдного розплаву. Наявність амфіболів, графіту та карбонатів у вигляді включень в апатиті свідчить, що вихідний розплав містив флюїдні компоненти, передусім воду та діоксид вуглецю.

**Список використаних джерел:**

- Дубина, О.В., Кривдік, С.Г., Швайка, І.А., Швайка, І.Д., Проскурка, Л.І. (2022), *Мінерал. журн.* **44**, № 3. С. 48—66.
- Кривдік, С.Г., Дубина, О.В., Довбуш, Т.І., Котвицька, І.М., Висоцький, О.Б., Безсмолова, Н.В., Амашукелі, Ю.А. (2011), *Мінерал. журн.* **33**, № 3. С. 55—62.
- Лісна, І.М., Пономаренко, О.М., Шумлянський, Л.В., Ларіков, А.Л., Сьомка, Л.В., Гулько, В.В., Коваленко, О.О. (2023), *Мінерал. журн.* **45**, № 2. С. 99—115.
- Решетник, М.М., Шумлянський, Л.В., Чью, Д., Дьюйм, Б., Вударська, А. (2025), *Мінерал. журн.* **47**, № 3. С. 55 —68. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.47.03.055>
- Степанюк, Л.М., Шумлянський, Л.В., Чью, Д., Дьюйм, Б. (2025), *Мінерал. журн.* **47**, № 2. С. 89—101.
- Antoine, C., Bruand, E., Guitreau, M. and Devidal, J.-L. (2020), *Geochem. Geophys. Geosyst.*, **Vol. 21, Iss. 7**. <https://doi.org/10.1029/2020GC008923>
- Belousova, E.A., Griffin, W.L., O'Reilly, S.Y. and Fischer, N.I. (2002), *J. Geochem. Explor.*, Vol. 76, pp. 45-69. [https://doi.org/10.1016/S0375-6742\(02\)00204-2](https://doi.org/10.1016/S0375-6742(02)00204-2)
- Blundy, J.D. and Holland, T.J.B. (1990), *Contr. Mineral. and Petrol.*, Vol. 104, pp. 208-224. <https://doi.org/10.1007/BF00306444>
- Bruand, E., Fowler, M., Storey, C., Laurent, O., Antoine, C., Guitreau, M., Heilimo, E. and Nebel, O. (2020), *Geochem. Perspect. Lett.*, Vol. 13, pp. 7-12. <https://doi.org/10.7185/geochemlet.2006>
- Bruand, E., Storey, C., Fowler, M. and Heilimo, E. (2019), *Geochim. et Cosmochim. acta*, Vol. 255, pp. 144-162. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2019.04.002>
- Francovschi, I., Shumlyansky, L., Grytsenko, V., Hoffmann, A., Wilde, S.A. and Bekker, A. (2024), *Precam. Res.*, Vol. 413, 107572. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2024.107572>
- Gündüz M. and Asan K. (2023), *Mineral. Mag.*, Vol. 87, pp. 1-9. <https://doi.org/10.1180/mgm.2022.113>
- Kieffer, M.A., Dare, S.A.S. and Gendron, M. (2024), *Chem. Geol.*, Vol. 649, 121965. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2024.121965>
- Luhr, L.F., Carmichael, I.S.E. and Varekamp, J.C. (1984), *J. Volcanology and Geothermal Research*, Vol. 23, pp. 69-108. [https://doi.org/10.1016/0377-0273\(84\)90057-X](https://doi.org/10.1016/0377-0273(84)90057-X)
- Mao, M., Rukhlov, A.S., Rowins, S.M., Spence, J. and Coogan, L.A. (2016), *Econ. Geol.*, Vol. 111 (5), pp. 1187-1222. <https://doi.org/10.2113/econgeo.111.5.1187>
- O'Sullivan, G., Chew, D., Kenny, G., Henrichs, I. and Mulligan, D. (2020), *Earth Sci. Rev.*, Vol. 201, 103044 <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.103044>
- Reshetnyk, M., Zaiats, O., Shumlyansky, L., Starokadomsky, D. and Stepanyuk, L. (2023), *Acta Geochim.*, Vol. 42, pp. 393-408. <https://doi.org/10.1007/s11631-022-00590-7>
- Sun, J.F., Yang, J.H., Zhang, J.H., Yang, Y.H. and Zhu, Y.S. (2021), *Chem. Geol.*, Vol. 566, 120104. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2021.120104>
- Wang, H., Cai, K., Sun, M., Xia, X.P., Lai, C.K., Li, P., Wan, B. and Zhang, Z. (2022), *Lithos*, Vol. 422-423, 106749. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2022.106749>

## ЗЕЛЕНА ШПІНЕЛЬ В ПОРОДАХ ІНГУЛЬСЬКОГО МЕГАБЛОКУ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

*Томурко Л.Л., Шнюкова К.Є., Бельський В.М., Кушнір С.В., Литвиненко Ю.О.*  
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України,  
Київ, [tomurko\\_ll@ukr.net](mailto:tomurko_ll@ukr.net)

*Zinc spinel from a pink granite xenolith in rapakivi granite of the Korsun-Novomyrhorod pluton of the Inhul megablock is described and analyzed for the first time. Two varieties were identified: gahnite and kreittonite. Information on the distribution of other spinel types—magnesian and ferrous—in various rocks of the Inhul megablock is provided.*

## GREEN SPINEL IN THE ROCKS OF THE INHUL MEGABLOCK OF THE UKRAINIAN SHIELD

*Tomurko L.L., Shniukova K.Ye, Belskyi V.M., Kushnir S.V., Lytvynenko Yu.V.*  
*M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of*  
*Ukraine, Kyiv, [tomurko\\_ll@ukr.net](mailto:tomurko_ll@ukr.net)*

**Вступ.** На Українському щиті (УЩ), переважно в контактово-метасоматичних утвореннях, поширена алюмошпінель зеленого кольору різних відтінків. Найпоширеніші залізіста і магнезіальна шпінелі, а цинкова шпінель є рідкісною. Алюмошпінелі описано в східній і західній частинах УЩ, а от про центральну частину повідомлень обмаль.

**Аналіз попередніх досліджень.** В Волинському мегаблоці УЩ зелена шпінель частіше всього описувалась в різних породах Коростенського плутону (КП). В східній частині КП в басейні р. Ірша на контакті гранітів рапаківі з основними породами норитового складу в пегматитових жилах відзначено (Соболев, 1947) ксеноліти силіманіт-кордієрит-шпінелевих роговиків (кристалосланців?), в яких спостерігається шпінель у вигляді дрібних зерен, що іноді утворюють ланцюжки, зеленого або темно-зеленого до чорного кольору ізометричної, квадратної, подовженої форми, а також псевдоморфози по силіманіту у вигляді голок.

Північніше у КП, в районі с. Ігнатпіль, амазонітові метасоматити (Зінченко, Шумлянський, 1997) серед грейзенізованих дрібноовоїдних гранітів, що перетинають крупний ксеноліт слабометаморфізованих високоглиноземистих осадових порід (релікт кровлі КП), містять 10-12% темно-зеленої шпінелі герцинітового типу. Шпінель у вигляді окремих ідіоморфних (октаедри, кубооктаедри) зерен, лінзовидних скупчень, тонких переривчастих прошарків розвивається, іноді разом з гранатом, в метасоматитах переважно в зоні контакту останніх з гранітами.

Детально вивчалась темно-зелена шпінель в ксенолітах порід «рами» (біотит-польовошпатових кристалосланців та гнейсів) в амфіболових та біотит-амфіболових рапаківіподібних гранітоїдах Малинської та Пугачівської ділянок головної інтрузивної фази КП (Грущинська та ін, 2010, 2011). Шпінель представлена високозалізістим різновидом, близьким до чистого герциніту ( $\text{FeAl}_2\text{O}_4$ ). Шпінель забарвлена в темно-зелений колір, її скупчення концентруються навколо біотиту, інколи формуючи ланцюжки. Мольна доля герцинітового міналу складає 0,749 – 0,873 в породах Пугачівської ділянки, 0,773 – 0,841 – в породах Малинської ділянки. У складі шпінелі крім Mg і Mn відмічено домішки Zn: в породах Малинської ділянки 0,38-1,24 % ZnO як постійна домішка, а Пугачівської – 1,08% ZnO одноразово.

В Приазовському мегаблоці магнезіальна шпінель відмічалась в мраморах і кальцифірах гнейсових серій, а магнезіально-залізіста (в тому числі плеонаст) – в високоглиноземистих корунд-силіманітових кристалічних породах (Лазаренко та ін,

1981). Також в Приазов'ї в гранітних пегматитах по р. Чокрак було знайдено і проаналізовано рідкісну для України цинкову шпінель – ганіт – в асоціації з світло-сірим кварцем, гранатом, мусковітом, колумбітом (*Мінерали України, 1990*).

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** В Інгульському мегаблоці (ІМ) та в прилеглий Голованівській шовній зоні (ГШЗ) нами було встановлено зелену шпінель в пробах кислих магматичних та карбонатних метаморфічних порід, відібраних за міжвідомчою програмою «Полігон» зі свердловин, рідше кар'єрів переважно на території Кіровоградської області поблизу Новоукраїнського масиву. Шпінель вивчалась в протолочних пробах, інколи в шліфах під мікроскопом. В гранітах рапаківі Корсунь-Новомиргородського плутону (КНП), окрім шліфів, склад шпінелі вивчався в зразках з кар'єру Сівач за допомогою рентгенівського мікроаналізатора JXA-733 та сканувального електронного мікроскопу JSM-6700F в ІГМР НАН України.

**Отримані результати та їх обговорення.** Збагаченими на шпінель є розкриті свердловинами пегматоїдні гранатвмісні граніти с. Липняжка Новоукраїнського району (на захід від Новоукраїнського масиву). Вміст шпінелі в них коливається від 5-8 до 258–297 г/т, асоціюючи мінерали – силіманіт (до 1797 г/т), гранат (153-15993 г/т), турмалін, дюмортьєрит; у двох свердловинах простежується збільшення вмісту шпінелі з глибиною відбору проб, паралельно збільшується і вміст гранату. Шпінель має блідо-чи темно-зелений колір і показник заломлення  $n = 1,820-1,826$  – занадто високий для звичайної магнезійної шпінелі, який може відповідати як залізістому, так і цинковому її різновидам. Останній варіант найімовірніший, оскільки в одній пробі цинкову шпінель – ганіт – було підтверджено рентгеноструктурним аналізом. В тому ж районі в оголенні на р. Чорний Ташлик в біотит-гранатовому апліті – 4 г/т шпінелі. Тут цей мінерал зеленувато-бірюзового кольору асоціює з силіманітом (15 г/т) і гранатом (3678 г/т); має також високий показник заломлення  $n = 1,816$ . На схід від Новоукраїнського масиву шпінелі в таких породах мало: в пегматоїдному граніті зі свердловини в с. Клинци Кропивницького району її вміст всього 0,7 г/т при високому вмісті гранату (12065 г/т) і помірному – силіманіту (130 г/т).

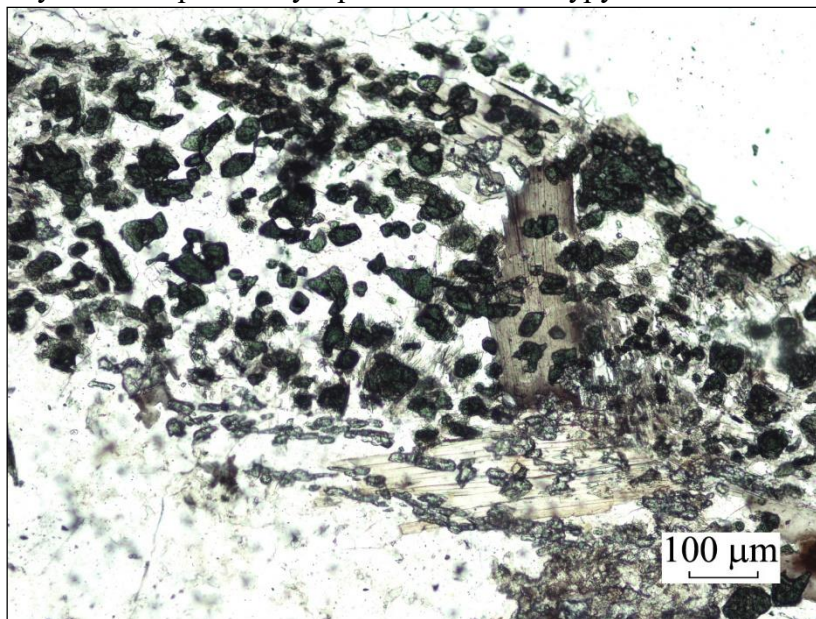
В чарнокітоїдах ІМ шпінель спостерігалася в поодиноких зернах в протолочках як метаморфізованих ендербітів на схід від Новоукраїнського масиву – на р. Інгул в с. Лавровка та на р. Верблюжка, так і магматичних чарнокітоїдів західної частини ІМ поблизу ГШЗ – в ендербіті зі свердловини на р. Рось, а також в граносієніті по р. Велика Вись в с. Кальніболота (8 г/т). Зазвичай шпінель асоціює з графітом; в ендербіті с. Лавровка і в граносієніті р. Велика Вись – з гранатом (його відповідно 235 г/т і 60 г/т), причому в останньому випадку гранат є дуже високозалізістим, майже чистим альмандином, тому можна було б очікувати і такий самий залізістий склад шпінелі. Але ні: в ендербіті с. Лавровка шпінель, що присутня у шліфах (до 1%) у вигляді окремих ідіоморфних зерен світло-зеленого кольору, має низький показник заломлення  $n = 1,715$ , характерний для наймагнезійнішої шпінелі.

В карбонатних породах – кальцифірах неорархейської бузької серії – шпінель часто зустрічається в шліфах в кількості від 1 до 7% в асоціації з олівіном (форстерітом) і діопсидом в свердловинах ГШЗ у верхів'ях р. Синюха. В амфіболіті (актинолітіті), що залягає під кальцифірами, вміст шпінелі зростає до 8 %. Західніше ГШЗ, в Дністровсько-Бузькому мегаблоці (кар'єр смт. Завалля), шпінель фіксується в кальцифірах в аналогічній асоціації. В південній частині ГШЗ встановлено максимальну кількість шпінелі – 1944 г/т – у жильному кальцифірі з Лівобережного кар'єру м. Первомайська. Тут шпінель зеленувато-блакитного кольору має  $n = 1,739$ , тобто притаманний магнезійній шпінелі; асоціює, окрім олівіну, з діопсидом (15461 г/т), біотитом (185 г/т). На сході, в схожих кальцифірах протерозойської інгуло-інгулецької серії зі свердловин Клинцивської ділянки, шпінель асоціює з форстерітом без діопсиду.

В головних різновидах порід КНП шпінель не встановлена, але вона була знайдена в шліфах гранат-мусковіт-біотитового гранофірового граніту під час програми «Полігон» в кар'єрі Сівач. Як і в усіх вище описаних випадках, шпінель діагностована оптичними методами. При вивченні ксенолітів в гранітах рапаківі КНП ми знайшли і проаналізували за допомогою мікрозонду шпінель в зразках з того самого кар'єру.

У гранітах рапаківі КНП ксеноліти представлені плагіогнейсами чечеліївської світи інгуло-інгулецької серії, середніми чарнокітоїдами ташлицького комплексу та рожевими гранітами кіровоградського комплексу. Зелена шпінель була встановлена лише у ксенолітах рожевих гранітів (Шнюкова, Томурко та ін. 2023). В кіровоградських гранітах шпінель ніколи не описувалась.

Рожевий граніт – лейкократова порода масивної текстури. Під мікроскопом структура породи типова гранітна. Мінеральний склад породи (%): КПШ – 50, плагіоклаз – 10, кварц – до 40, біотит – 3, гранат відсутній. Акцесорні мінерали: апатит, рудний. У шліфах породи відзначаються схожі на шлірові утворення мікроксеноліти гнейсів розміром від 8 до 11 мм по довгій осі, які утворюють лінзоподібні чи трикутні тіла з гострокутними кінцями, іноді хвилясті, можливо за рахунок деформацій, або розділені на менші лінзи, зорієнтовані згідно з первісною сланцюватістю в вихідній породі. У складі таких шлірів (мікроксенолітів?), які мають мікрогранобластову структуру, плагіоклаз, кварц, новоутворені зелена шпінель та біотит (рис.). У схрещених ніколях вони мають чіткі контури за рахунок зміни зернистості від мікроксеноліту (0,04-0,06 мм) через перехідну зону (0,3-0,7 мм) до власне граніту (1-3 мм). Тонкі лейсти новоствореного біотиту формують своєрідний «паркан» по периферії шліру, розташовуючись перпендикулярно до його контуру.



**Рис 1.** Цинкова шпінель (темно-зелене) в шліфі рожевого граніту з ксеноліту в граніті рапаківі КНП, ніколи II.

Таким чином, шпінель розташована в мікроксенолітах гнейсу в рожевому граніті, який, в свою чергу, є ксенолітом в граніті рапаківі КНП. Шпінель належить до майже безмагнієвої алюмошпінелі, вміст MgO не перевищує 0,69%. Виявлено її два різновиди, обидва мають дуже витриманий склад, підтверджений двома різними мікрозондами: 1) ганіт (цинкова шпінель) з формулою  $(Zn_{0,587-0,604}Fe_{0,320-0,321}Mg_{0-0,031})Al_{2,022-2,059}O_4$ , в ньому вміст ZnO від 27,07 до 27,49% і 2) крейтоніт (перехід від ганіта до герциніта) з формулою  $(Fe_{0,665-0,674}Zn_{0,221-0,235}Mg_{0-0,029})Al_{2,044-2,061}O_4$ , вміщує 10,46-11,09% ZnO. В обох різновидах колір обумовлений домішкою хрому (вміст  $Cr_2O_3$  до 0,41%). Перший різновид – це найбільш цинкова шпінель, яку дотепер знайдено в кристалічних породах центральної частини УЩ. Вивчений в пегматитах Приазов'я (Минералы Украины, 1990) ганіт вміщує від 24,59 до 37,78 % ZnO і має показник заломлення  $n = 1,805$ .

Не з'ясовано питання про джерело цинку. В рожевому граніті, який містить ганіт, вміст цинку становить 53 ppm, що вдвічі менше, ніж у граніті рапаківі (112 ppm), в якому рожевий граніт є ксенолітом.

**Висновки.** Утворення магнезіальної шпінелі в кальцифірах, де вона асоціює з форстерітом, безсумнівно є наслідком контактового метаморфізму карбонатних порід. В чарнокітоїдах шпінель, яка також може виявитися магнезіальною, майже завжди асоціює з гранатом і графітом, що вказує на відновлювальні умови її формування. В апліт-пегматоїдних гранітах за наявності надлишку глинозему (про що свідчить присутність силіманіту, дюмортьеріту, турмаліну) утворюється цинкова шпінель.

Алюмошпінель в гранітах рапаківі великих плутонів (КП і КНП) встановлена лише в ксенолітах давніших порід – гнейсів, кристалосланців, кіровоградських гранітів. Форми виділень шпінелі схожі; для КП доведено її контактово-метаморфічне походження (*Грущинська та ін, 2011*). На відміну від КП, де шпінель представлена герцинітом, в КНП встановлені цинкові різновиди шпінелі – ганіт і крейтоніт. Виявляється, що для магматичних порід центральної частини УЩ більш характерна цинкова шпінель, ніж залізна.

**Список використаних джерел:**

- Грущинська О.В., Митрохин О. В., Зінченко О.В. [2011] Герциніт ксенолітів у гранітоїдах Коростенського плутону // Записки Українського мінералогічного товариства. – Т. 8. – С.53-57.
- Грущинська О.В., Митрохин О.В., Зінченко О.В., Білан О.В. [2010] Про контактову взаємодію інтрузій рапаківі з породами «рами» (результати дослідження ксенолітів з гранітоїдів Пугачівської ділянки Коростенського плутону) // Мінерал. журн. – Т.32, №4. – С.77-85.
- Зінченко О.В., Шумлянський Л. В. [1997] Шпінелеві метасоматити Коростенського плутону // Актуальні проблеми екології України. Матеріали наук. конф. Київ. ун-ту, м. Київ, 24-25 квітня 1997 р. – К.: Департ. реклами АТ «Надра». – С.51-52.
- Лазаренко Е.К., Лавриненко Л.Ф., Бучинская Н.И. и др. [1981] Минералогия Приазовья. – К.: Наук.думка. – 432 с.
- Минералы Украины. Краткий справочник / Щербак Н.П., Павлишин В.И., Литвин А.Л. и др.; Отв. ред. Щербак Н.П. [1990] – К.: Наук. думка. – 408 с.
- Соболев В.С. [1947] Петрология восточной части сложного Коростенського плутона. – Львов: Изд-во Львов. ун-та. – 139 с.
- Шнюкова К.Є., Томурко Л.Л., Коновал Н.М. [2023] Геохімія ксенолітів у гранітах рапаківі Корсунь-Новомиргородського плутону (Український щит) // Мінерал. журн. – Т 45, №2. – С.62-82.

**ВІД СКАМ'ЯНІЛОСТІ ДО ЦИФРОВОЇ ЕПОХИ:  
120 РОКІВ ПАЛЕОНТОЛОГІЧНОМУ МУЗЕЮ ЛНУ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА**

*Тузяк Я.М.<sup>1</sup>, Кірчанова О.<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів,  
[yarynatuzyak@gmail.com](mailto:yarynatuzyak@gmail.com)*

*This article explores the challenges and opportunities of the digital transformation of the Paleontological Museum at Ivan Franko National University of Lviv, marking its 120th anniversary. Based on the museum's extensive fossil collection and an interdisciplinary research methodology, the study highlights the potential of digital technologies – such as 3D scanning, GIS, virtual and augmented reality – for the preservation, study, and popularization of paleontological heritage. The results include preliminary digital inventory, creation of interactive models, and development of educational AR materials. The discussion outlines strategic prospects for the museum's evolution into a center of digital paleontology, open science, and international collaboration.*

**FROM FOSSIL TO DIGITAL ERA: 120 YEARS OF THE  
PALEONTOLOGICAL MUSEUM OF IVAN FRANKO NATIONAL  
UNIVERSITY OF LVIV**

*Tuzyak Ya., Kirchanova O.*

У 2025 році Палеонтологічний музей Львівського національного університету імені Івана Франка відзначає 120 років від дня свого заснування – подію, що є не лише ювілеєм, а й нагодою осмислити шлях, який пройдено від перших експонатів до сучасних цифрових технологій. Упродовж понад століття музей був не лише сховищем скам'янілостей, а й живим простором науки, освіти та культурної пам'яті.

120-річний ювілей – це історія людей, ідей та відкриттів, що формували уявлення про минуле Землі. Це також момент, коли музей вступає в нову епоху – епоху цифрової трансформації, відкритої науки та глобальної співпраці. Ми прагнемо не лише зберігати, а й переосмислювати спадщину, робити її доступною, інтерактивною та актуальною для нових поколінь.

У сучасному розумінні Палеонтологічний музей постає як багатофункціональний простір, що поєднує наукову, освітню, культурну та соціальну місії. Такий підхід є актуальним у контексті сучасних викликів, зокрема цифрової трансформації, глобалізації науки та потреби у збереженні природної і культурної спадщини. Сьогодні Палеонтологічний музей можна розглядати як міст між геологічним минулим і технологічним майбутнім.

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення.** Палеонтологічний музей ЛНУ імені Івана Франка має понад столітню історію наукових досліджень, зокрема у галузі стратиграфії, палеобіології, еволюційної геології, регіональної палеонтології та вуглеводневої геології. Колекції музею стали основою для численних академічних публікацій, дисертацій та освітніх програм. Однак більшість досліджень залишаються малодоступними для широкої аудиторії через відсутність цифрової інфраструктури, обмежену інтеграцію з міжнародними базами даних та недостатню популяризацію. Проблема полягає в тому, що унікальні наукові ресурси музею – зокрема фосилії, архіви польових досліджень, картографічні матеріали – не використовуються на повну потужність у сучасному науковому та освітньому контексті. Відсутність цифрової репрезентації колекцій обмежує доступ до них для дослідників, студентів та громадськості, а також ускладнює участь музею в

міжнародних проєктах. Цифровізація (діджиталізація) палеонтологічних об'єктів – це крок до відкритої науки доступної для всіх (Тузяк Я., Ціхонь С., Шило Є., Бубняк І., 2024; MacLeod N., Guralnick R., 2020; Beaman R.S., Cellinese N., 2012; Koller D., Levoy M., 2006; European Commission. 2021; UNESCO, 2022).

Актуальність вирішення цієї проблеми зумовлена кількома чинниками:

- Зростання інтересу до відкритої науки та FAIR-принципів (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable).
- Потреба в цифровій трансформації музеїв як частини освітньої та наукової екосистеми.
- Можливість інтеграції музею в європейські дослідницькі ініціативи.
- Важливість збереження та популяризації геологічної спадщини України в умовах глобальних екологічних викликів.

Таким чином, цифровізація, інтернаціоналізація та міждисциплінарна інтеграція діяльності музею є не лише стратегічно важливими, а й науково обґрунтованими кроками до його сталого розвитку.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Фактична база дослідження ґрунтується на унікальній колекції Палеонтологічного музею, що є науковим об'єктом національного надбання (2022), яка налічує понад 18 000 зразків викопних решток, зібраних упродовж двох століть у Карпатському регіоні, Поділлі, Криму, а також Європі, Пн і Пд Америці, Азії, Африці. Колекція складена різноманітними типами фіто- і зоофосилій різних геологічних періодів; мікропалеонтологічними об'єктами; графічним матеріалом, архівними документами; фотоматеріалами та зразками, що мають історико-наукову цінність.

Методологія дослідження передбачає міждисциплінарний підхід, який поєднує:

1. Класичні палеонтологічні методи – морфологічний аналіз, стратиграфічну кореляцію і розчленування осадових товщ, таксономічна ідентифікація.
2. Цифрові технології – 3D-сканування зразків, фотограмметрія, створення інтерактивних моделей для віртуальних експозицій.
3. Геоінформаційні системи (GIS) – для просторового аналізу місць знахідок та реконструкції палеоекологічних умов.
4. Біоінформатика та статистичні методи – для аналізу еволюційних трендів, біорізноманіття та філогенетичних зв'язків.
5. Історико-науковий аналіз – вивчення внеску музею у розвиток геологічної науки в Україні та світовому масштабі.

До сучасних цифрових технологій належать:

1. 3D-сканування та фотограмметрія. Для створення високоточних цифрових моделей викопних решток, які можна використовувати в онлайн-експозиціях, наукових дослідженнях та освітніх платформах.
2. Геоінформаційні системи (GIS). Для просторового аналізу місць знахідок, реконструкції палеоекологічних умов та інтеграції даних у глобальні геологічні бази.
3. Цифрові бази даних та онлайн-архіви. Створення відкритих каталогів колекцій з метаданими, зображеннями та науковими описами, відповідно до принципів FAIR.
4. Віртуальна та доповнена реальність (VR/AR). Для розробки інтерактивних освітніх продуктів, які дозволяють «оживити» викопні організми та середовища їх існування.
5. Машинне навчання та комп'ютерне бачення. Для автоматизованої класифікації зразків, виявлення морфологічних патернів та аналізу великих масивів палеонтологічних даних.
6. Цифрова реконструкція палеоекосистем. Моделювання давніх екосистем на підставі стратиграфічних, біологічних та геохімічних даних.

Застосування цих методів дозволяє не лише зберігати та досліджувати колекції, а й інтегрувати їх у сучасний науковий дискурс, створюючи нові можливості для освіти, популяризації науки та міжнародної співпраці.

**Отримані результати, їх обговорення.** Цифрові технології відкривають нові горизонти для палеонтологічного музею, зокрема:

1. Наукова інтеграція: Оцифровані зразки можуть бути включені до міжнародних баз даних (наприклад, GBIF, Paleobiology Database), що сприятиме глобальній видимості української палеонтологічної спадщини та залученню до міжнародних дослідницьких консорціумів.
2. Освітня інновація: Віртуальні тури, інтерактивні моделі та доповнена реальність дозволяють створювати нові формати навчання для шкіл, університетів та неформальної освіти. Це особливо актуально для STEM-програм та популяризації науки серед молоді.
3. Культурна дипломатія та доступність: Цифрові експозиції можуть бути доступні онлайн для української діаспори, іноземних дослідників та туристів, що сприяє культурному діалогу та збереженню національної спадщини.
4. Збереження та безпека: Оцифрування забезпечує резервне збереження колекцій, що є критично важливим в умовах ризиків, пов'язаних із війною, стихійними лихами або фізичним зношенням експонатів.
5. Фінансова стійкість: Цифрові продукти (наприклад, онлайн-курси, віртуальні виставки, NFT-репрезентації унікальних зразків) можуть стати джерелом додаткових доходів для музею.

Перспективи на майбутнє. У найближчі роки музей може стати:

- Центром цифрової палеонтології в Україні, що поєднує науку, освіту й технології;
- Партнером у європейських дослідницьких проєктах, зокрема в рамках Horizon Europe;
- Лідером у сфері відкритої науки, що забезпечує доступ до даних, знань, природної і культурної спадщини для всіх охочих.

**Висновки.** Цифрові технології відкривають нові можливості для розвитку музею як наукової, освітньої та культурної інституції. Вони дозволяють не лише зберігати колекції, а й робити їх доступними для глобальної аудиторії.

Оцифрування музейних фондів сприяє інтеграції музею в міжнародні наукові мережі, зокрема через участь у відкритих базах даних та дослідницьких платформах.

Інтерактивні цифрові формати (3D-моделі, AR/VR, онлайн-експозиції) значно підвищують освітній потенціал музею, особливо в контексті STEM-освіти та популяризації науки серед молоді.

Цифрова репрезентація спадщини є важливим інструментом культурної дипломатії, збереження національної пам'яті та формування позитивного іміджу української науки в світі.

Для реалізації потенціалу цифровізації необхідно розробити стратегічну дорожню карту, залучити технічні ресурси, підвищити цифрову компетентність персоналу та активізувати партнерства з академічними, технологічними й культурними інституціями.

Майбутнє музею – у поєднанні традиційної наукової спадщини з інноваційними технологіями, що дозволить перетворити його на центр цифрової палеонтології, відкритої науки та міждисциплінарної співпраці.

**Список використаних джерел:**

Тузяк Я., Ціхонь С., Шило Є., Бубняк І. [2024] Культурологічні аспекти створення віртуальних турів – сучасні техніки промоції палеонтології // Палеонт. зб. – № 56. – С. 15–25. DOI: <https://doi.org/10.30970/pal.56.2>

- MacLeod N., Guralnick R. [2020] Digitizing the Fossil Record: Opportunities and Challenges. – *Palaeontology*. – 63(3). – P. 305–317.
- Beaman R.S., Cellinese N. [2012] Mass Digitization of Scientific Collections: New Opportunities to Address Biodiversity and Societal Challenges. *ZooKeys*. – 209. – P. 7–17.
- Koller D., Levoy M. [2006] Computer Graphics for Digitizing Cultural Heritage. *Communications of the ACM*. – 49(6). P. 59–64.
- European Commission. [2021] Horizon Europe Strategic Plan 2021–2024. GBIF (Global Biodiversity Information Facility). (n.d.). Data Publishing Guidelines.
- UNESCO. [2022] Digital Transformation of Museums: Policy Guidelines.

## СТІК ЗАВИСЛИХ СЕДИМЕНТІВ ДНІПРА ТА ДУНАЮ – АКТУАЛЬНІСТЬ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПЕРШІ РЕЗУЛЬТАТИ

Наседкін Є.І.<sup>1,2</sup>, Гаврилюк Р.Б.<sup>2,3</sup>, Федосєнков С.Г.<sup>1</sup>, Стадніченко С.М.<sup>3</sup>,  
Земський Д.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Державна наукова установа «Центр проблем морської геології, геоecології та осадового рудоутворення НАН України», Київ, [22lex22s@ukr.net](mailto:22lex22s@ukr.net);

<sup>2</sup>Національний екологічний центр України, Київ, [nasedevg@ukr.net](mailto:nasedevg@ukr.net);

<sup>3</sup>Інститут геологічних наук НАН України, Київ, [gavrilyuk.ruslan@gmail.com](mailto:gavrilyuk.ruslan@gmail.com);  
[stadnichenkosm@gmail.com](mailto:stadnichenkosm@gmail.com), [Denua@yahoo.com](mailto:Denua@yahoo.com)

*The aim of the study was to identify the patterns of distribution of the material composition of suspended sediments in the lower sections of the basins of Ukraine's largest rivers – the Dnipro and the Danube. Determining the qualitative characteristics of suspended sediments, in combination with quantitative indicators from state monitoring data, is a promising approach for developing an information base on their overall condition and distribution.*

*Analysis of the obtained data will contribute to understanding the ecological processes occurring in surface watercourses and their impact on the environment and human activities. Continuity of such research and the formation of long-term data series make it possible to substantiate predictive indicators, assess both short-term and long-term environmental impacts, and provide a reliable foundation for planning and implementing activities aimed at restoring the natural state of river systems and the adjacent marine areas within their zone of influence.*

### DISCHARGE OF SUSPENDED SEDIMENTS IN THE DNIPRO AND DANUBE RIVERS – RELEVANCE OF RESEARCH AND FIRST RESULTS

Nasiedkin Ye. I., Havryliuk R. B., Fedoseenkov S. G., Stadnichenko S.M., Zemskiy D.V.

**Вступ.** Значного антропогенного впливу, що суттєво посилюється та став більш різноплановим внаслідок повномасштабної російської військової агресії, зазнали річки України. Війна призводить як до сплесків екологічного лиха, таких як знищення Каховського водосховища, так і до посилення чинників тривалого негативного впливу, зокрема, збільшення господарського навантаження на акваторію нижнього Дунаю. Протягом війни посилюються екологічні впливи, що визначаються акумулятивним характером та тривалою дією на складові не тільки річкових, але й морських екосистем в зонах їх взаємодії. Головною причиною такого впливу є зміни гідрологічного та гідрохімічного режиму великих водних артерій, зокрема Дніпра та Дунаю, що в кінцевому рахунку призводить до трансформації седиментаційних та літодинамічних процесів в пониззі річок та прилеглих ділянках морських акваторій з суттєвими екологічними наслідками. Своєчасне виявлення довгострокових ризиків на основі режимних спостережень – перший крок до розробки чи вдосконалення існуючих заходів з контролю та відновлення екологічного стану річкових та морських акваторій.

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення.** Очевидно, що інформативний моніторинг розподілу в річках та виносу в море седиментаційних потоків має передбачати інтегрування в один масив даних якісних та кількісних характеристик завислої речовини (суспендованих седиментів). І якщо дані щодо режимних спостережень кількісного розподілу зависі на станціях державного моніторингу наявні у вільному доступі, то інформація про її якісні

характеристики головним чином формується на основі окремих наукових досліджень із застосуванням систем безперервного відбору седиментів.

Державна система моніторингу поверхневих вод в Україні передбачає визначення суми завислих у воді речовин. Результати таких досліджень за усіма пунктами моніторингу доступні на онлайн порталі Держводагенства «Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України» (Державне агентство водних ресурсів України, 2025), де розміщені дані тривалих рядів спостережень за достатньо щільною мережею пунктів спостережень, зокрема на українській ділянці нижнього Дунаю. Основною проблемою є частота замірів – лише один раз на місяць. Такий інтервал є недостатньо інформативним для дослідження сезонних закономірностей, особливо в періоди активних гідрологічних змін.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** З метою більш глибокого дослідження завислих речовин були створені пункти безперервного відбору в нижній течії річки Дніпро в межах м. Запоріжжя (на базі філіалу Державної наукової установи “Центр проблем морської геології, геоєкології та осадового рудоутворення НАН України”) у 2015 р., а також у 2025 р. на ділянці дельти Дунаю (м. Вилкове) завдяки зусиллям Інституту геологічних наук НАН України та Національного екологічного центру України. Це значно розширює інформаційну базу і відкриває нові можливості для наукових досліджень (Ye. I. Nasiedkin та ін, 2024; Nasiedkin Ye. I. та ін, 2025).

Для тривалих безперервних досліджень завислих седиментів використовуються прилади, що за класифікацією, представленою в стандарті ISO 5667-17:2008, можна віднести до типу «пасивні пробовідбірники». Представляючи собою фактично один з варіантів седиментаційних пасток, що призначені для відбору проб завислих седиментів з вертикальних потоків, пасивні пробовідбірники фіксуються у воді на заданих глибинах, де вони наповнюються завислою речовиною в природних умовах її осідання. На відміну від методик короткочасового заміру вмісту зависі в воді, що як правило проводяться в комплексах визначення її санітарно-екологічного стану та гідрохімічного контролю, час експозиції уловлювачів зависі складає тривалий період і підбирається відповідно до поставлених завдань, що може сягати місяць і більше.

Протягом 2025 року, із залученням седиментаційних пасток триває відбір і аналіз фактичного матеріалу на обох точках моніторингу. При цьому для Дніпра база даних накопичується з 2015 року, для завислої речовини р. Дунай отримано перші результати досліджень за 6 місяців.

**Отримані результати, їх обговорення.** Дані державного моніторингу щодо завислих (суспендованих) речовин свідчать, що за багаторічними показниками для Дніпра в пониззі Запоріжжя (дані моніторингу 2015–2018 рр., 12 замірів) середній їх вміст складає  $5,00 \text{ мг/дм}^3$  з незначними відхиленнями, головним чином в літні місяці, до  $5,50 \text{ мг/дм}^3$ . Такий, відносно рівномірний в часі та без перевищень ГДК розподіл завислих частинок, вірогідно, властивий зрегульованим рівнинним річкам та обумовлюється впливом Дніпровського водосховища. Пункт спостережень розташований вниз за течією від греблі Дніпровського водосховища, яке акумулює седименти, що надходять до нього. Цей же середній багаторічний показник для Дунаю у створі м. Вилкове (дані моніторингу 2004-2025 рр., 233 заміри) складає  $39 \text{ мг/дм}^3$  при мінімальних значеннях  $2,8 \text{ мг/дм}^3$  (січень 2004 р.) та максимальних  $160 \text{ мг/дм}^3$  (жовтень 2017 р.), і має значні сезонні коливання в межах річного циклу.

При порівнянні цих показників з інтенсивністю накопичення в седиментаційних пастках суспендованих седиментів для обох точок прослідковуються як певні відмінності, так і спільні риси.

Для Дніпра при середньомісячному багаторічному показнику ваги сухої проби у 4 г, багаторічний показник за теплий період (друга половина травня – перша половина вересня) склав значення 6,5 г, за холодний період (друга половина листопада – перша половина березня) – 2,6 г. Максимальні значення за період досліджень спостерігались в

теплий період, (максимум – 12,3 г), мінімальні – в холодний (1,1 г).

Суспендовані седименти Дунаю, відібрані протягом 2025 року, в цілому мали іншу тенденцію часового розподілу, і значно більші показники інтенсивності накопичення. При середньому показнику за наведений період 1200 г сухої речовини мінімальні значення відповідали зимовому періоду – 720 г, максимуми – літнім місяцям (4000 г). Додатково було проведено порівняння змін в складі основних мінеральних компонентів завислої речовини обох річок. Загалом, при достатньо значному обсязі матеріалів, накопичених за період досліджень дніпровської зависі, для проб дунайської речовини було оброблено два зразки, що представляли різні часові періоди – мінімальних обсягів накопичення в пастках (березень) та максимального (серпень). Комплексні електронномікроскопічні дослідження дозволили встановити морфологічні особливості завислої речовини Дніпра і Дунаю та визначити макрохімічний склад. Мінеральний склад визначався на основі інтерпретації морфоструктурних особливостей окремих зерен досліджуваних зразків та результатів точкового рентгенівського мікроаналізу.

Дослідження засвідчили, що для зразків з обох річок основною утворюючою компонентою є кремнезем ( $\text{SiO}_2$ ), що може перевищувати 85 %, та глинозем ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), максимальні значення якого сягають 8%. Основні складові представлені фрагментами зерен кварцу, польових шпатів (КПШ, анортиту), слюди (біотиту) псамітової та алевритової розмірності, мікроагрегатами глинистих мінералів. Інші макрокомпоненти представлені  $\text{CaO}$  (до 5 %);  $\text{K}_2\text{O}$  (до 1 %);  $\text{SO}_3$  (до 4 %).

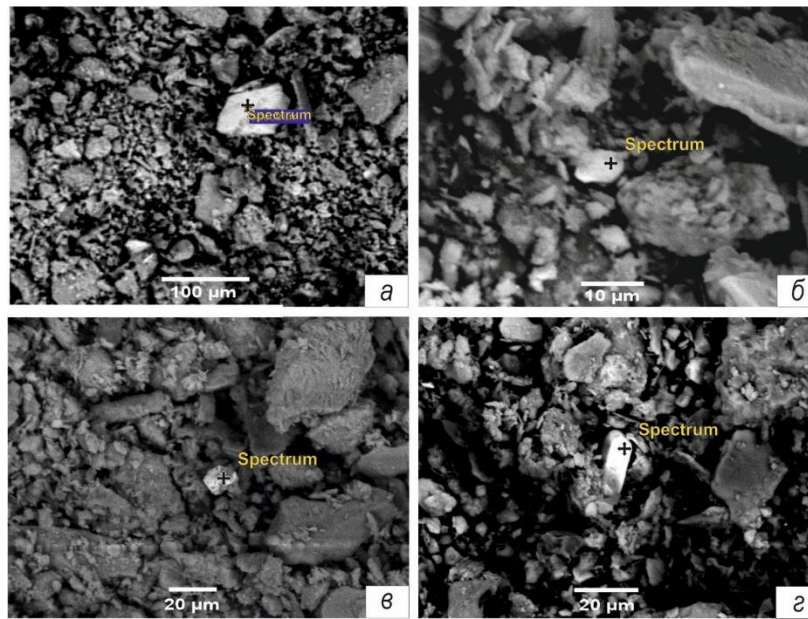
Найбільш інформативним показником, що має зв'язок з сезонними закономірностями осадконакопичення, можна вважати розподіл важкої фракції (головним чином оксиди заліза) та органічної складової. Для дніпровської зависі в межах індустріального осередку Запоріжжя, де більша частина оксидів заліза має техногенне походження і потрапляє в річкове середовище атмосферним шляхом (Ye. I. Nasedkin та ін, 2023), головним чинником накопичення є швидкість течії. Збільшення обсягів водних мас та швидкості їх переносу навесні, вірогідно, дозволяє зменшувати в пастках кількість накопичених техногенних частинок аерозольних викидів, що надходять з визначеною промисловими циклами інтенсивністю на водну поверхню в межах шлейфів осадження.

За результатами мікронзондового аналізу у складі зразку за вересень місяць вміст (%)  $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$  сягнув 24,95;  $\text{MnO}$  – 3,4-13,9;  $\text{TiO}_2$  – до 2,14. Для проби, відібраної протягом березня, теригенні мінерали важкої фракції також було представлено значною кількістю фрагментів зерен оксиду заліза від алевритової (20-30 мкм) до пелітової (2-3 мкм) розмірності, але при цьому максимальний вміст  $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$  не перевищував 7,35 % загального складу речовини зразку, а вміст інших оксидів був менше одиниці.

Для розподілу важкої фракції в пробах завислих седиментів Дунаю спостерігається зворотна тенденція. В складі зразку, відібраного в березні місяці (рис. 1), серед теригенних мінералів важкої фракції виявлено значну кількість фрагментів зерен оксиду заліза від псамітової (до 100 мкм) до пелітової (1-2 мкм) розмірності; зерна сульфату барію (до 20 мкм); циркону (20-30 мкм); ільменіту (15 мкм), а також ільменіту з пірофанітовою молекулою ( $\text{MnO}$ ) розміром до 20 мкм а також присутні фрагменти зерен сульфідів заліза алевритової розмірності (10 мкм). Серпнева проба серед теригенних мінералів важкої фракції містить одиничні фрагменти зерна ільменіту алевритової розмірності (10 мкм) та оксиду заліза. При цьому в пробі відмічається присутність певної кількості рослинного детриту (водорості) > 100 мкм.

В контексті отриманих даних слід зазначити, що Дунай і Дніпро не тільки найбільші постачальники в Чорне море обсягів водного стоку та завислих речовин, але й також найбільші «донори» в надходженні забруднень: важких металів, пластику та мікропластику, інших небезпечних сполук в розчиненому і завислому стані. Дані літературних джерел, свідчать про значні обсяги виносу важких металів в завислий

формі обома річками, які є співставними з кількісними показниками їх розчинного стоку (Митропольский А.Ю. та ін., 1982).



**Рис. 1.** Теригенні мінерали важкої фракції завислої речовини Дунаю (березень 2025 р.). Електронномікроскопічні знімки: а) зерно оксиду заліза псамітової розмірності; б) фрагмент зерна оксиду заліза дрібноалевритової розмірності; в) сильнокородоване зерно бариту; г) зерно циркону.

Важливим аспектом наших досліджень є те, що природний баланс між розподілом кількості елементів у розчині та завислій формі залежить від низки зовнішніх факторів: зміни кислотності середовища, розміру, складу та щільності розподілу в воді завислої речовини, гідроморфологічних умов, гідродинамічного і гідрохімічного режиму акваторії. Зависла форма міграції обумовлюється сорбцією забруднювальних речовин на частинках різного мінерального складу в обмінній формі (70-80%), що підкреслює необхідність вивчення речовинного складу рухомих седиментів при проведенні моніторингу водних екосистем.

Виніс пластикового матеріалу до Чорного моря в складі завислої речовини річок його басейну складає значні величини, і для одного тільки Дунаю, за модельними та натурними оцінками (L.C.M. Lebreton 2017; A. Lechner. 2014), сягає 1 4,2 т/добу. Проведені нами дослідження вмісту мікрочастинок полімерів в зразках відібраної зависі засвідчили наявність певної їх кількості та доволі різноманітний склад, форму та розміри (Наседкін Є., Гаврилюк Р. (2025) Штучні полімери в речовинному складі завислих седиментів пониззя Дунаю. 80 років геологічному факультету: нові тренди розвитку геоло-гічної освіти і науки : Матеріали міжнародної конференції, присвяченої 80-річчю геологічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка / Відп. ред. М. Павлунь. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка. с. 205-208.). Класифікацію їх було проведено на основі досвіду попередніх досліджень (Volodymyr Iemeljanov та ін, 2024; В.О. Ємельянов та ін, 2025), що дозволило виділити основні найбільш представницькі категорії. В розподілі морфологічних типів фрагментів МП домінують волокна, зокрема кольорові, а також пласкі чи плівкоподібні фрагменти пластиків. Підтверджені Раман-спектрометрією хімічні типи полімерів включали такі сполуки як поліпропілен, поліетилен, полістирол та поліетилентерефталат.

У зв'язку з необхідністю залучення до лабораторних досліджень мікропластику значних обсягів натурної речовини (від 200 г) аналогічні дослідження для Дніпра не проводились, але літературні джерела вказують на те, що він входить в трійку річок – найбільших постачальників пластиків до басейну Чорного моря разом з Дунаєм та

Доном.

**Висновки.** В публікації розглянуто низку особливостей та закономірностей розподілу в часі концентрацій та речовинного складу річкової зависі Дніпра та Дунаю із залученням процедури безперервного пробовідбору частинок з водного середовища седиментаційними пастками. Встановлено закономірності процесів транспорту і акумуляції завислих речовин, наявності великої кількості відповідних взаємопов'язаних процесів, більшість з яких мають вплив на екологічний стан річкових екосистем, гідроморфологію водних тіл, морські води в межах їх взаємодії з поверхневими водотоками. Основними факторами, що мають враховуватись в базах даних таких спостережень, є гранулометричний склад частинок, зміни в розподілі основних компонентів речовинного складу (мінеральна – органічна – антропогенна складові), літолого-мінералогічні особливості, вміст забруднювачів (зокрема, форм за розчинністю), сезонність та низка інших.

Щомісячне визначення комплексу досліджуваних показників протягом тривалого періоду за умов залучення гідрологічної інформації дозволяє визначити низку взаємозалежностей між формуванням забруднення завислих седиментів та природними та техногенними чинниками формування стоку річок. Це дозволяє планувати заходи з мінімізації негативних факторів та відновлення природного стану водних тіл, а також відкріє Україні можливість інтеграції в європейську систему спостережень.

#### **Список використаних джерел:**

- «Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України // Державне агентство водних ресурсів України. — URL: <http://http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index> (дата звернення: 14.10.2025)
- Ємельянов В. О., Наседкін Є. І., Куковська Т. С., Федорончук Н. О., Довбиш С. М. (2025). Microplastics in the geological-ecological subsystem of the coastal part of the geoecosystem of the georgian shelf. *Мінеральні ресурси України*. 2025. № 2 с. 89–94.
- Митропольский А.Ю., Безбородов А.А., Овсяный Е.И. *Геохимия Черного моря*. Киев: Наукова думка, 1982. 144 с.
- Volodymyr Iemelianov, Yevhen Nasiedkin, Tamara Kukovska, Tetiana Koshliakova, Natalia Fedoronchuk, Ihor Shuraiev, Volodymyr Yukhymchuk Exploring the microplastics distribution in the bottom sediments of the western Black Sea *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology* 4(107)/2024 с. 104-113. DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.107.13>
- River plastic emissions to the world's oceans / L. C. M. Lebreton et al. *Nature Communications*. 2017. Vol. 8, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1038/ncomms15611> (date of access: 10.08.2025).
- The Danube so colourful: A potpourri of plastic litter outnumbers fish larvae in Europe's second largest river / A. Lechner et al. *Environmental Pollution*. 2014. Vol. 188. P. 177–181. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.02.006> (date of access: 10.08.2025)
- Nasedkin Ye. I., Olshtynska O.P., Permyakov V.V., Dovbysh S.M., Ivanova G.M., Mytrofanova O.A., Fedoseenkov S.G. Features of the formation, intake and distribution of the iron-containing component in the water suspension of the Dnieper river *Геологічний журнал*. 2023. № 4 p. 50-60 <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2023.4.277352>
- Nasiedkin Ye. I.; Olshtynska O. P.; Stadnichenko S. M.; Ivanova G. M.; Yemelianov V. O.; Dovbysh S. M.; Fedoseienkov S. G.. Monitoring of suspended matter in the Dnipro River within Zaporizhzhia city, the main trends of 2022. *Mineral resources of Ukraine* • № 3, 2024, 64-67. <https://doi.org/10.31996/mru.2024.3.69-72>,
- Nasiedkin Ye. I., Havryliuk R. B., Ivanova G. M., Fedoseenkov S. G., Shundel O. I., Goncharov O. Yu. (2025). Sediment traps as a tool for studying river suspended matter in water quality control and sediment management. *Proceedings of the 18th International Conference “Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment”*, p.1 – 5 DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2025510045>

**ПЕТРОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕКЗОТИЧНИХ УЛАМКІВ У  
ВІДКЛАДАХ ВОРОТИЩЕНСЬКОЇ СВІТИ БОРИСЛАВСЬКО-ПОКУТСЬКОГО  
ПОКРИВУ (РАЙОН Р. ТИСМЕНИЦЯ, УКРАЇНСЬКІ КАРПАТИ)**

*Цар М.М.*

*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів,  
[maritsar14@gmail.com](mailto:maritsar14@gmail.com)*

The paper examines rocks composed of exotic clastic material collected near the town of Boryslav (Lviv region, Drohobych district). Petrographic analysis of transparent sections showed that the fragments are mainly represented by quartz, quartzites, quartzite-like rocks, and effusive rocks. The mineral composition and structural-textural features indicate metamorphism within the greenschist facies.

**PETROGRAPHIC CHARACTERISTICS OF EXOTIC CLASTS IN THE  
DEPOSITS OF THE VOROTYSHCHA FORMATION OF THE BORYSLAV-  
POKUTTYA NAPPE (TYSMENYTSIA RIVER AREA, UKRAINIAN  
CARPATHIANS)**

*Tsar M. M.*

**Вступ.** Екзотичні породи — це породи або уламки порід, що суттєво відрізняються за літологічними характеристиками від флішевих і моласових відкладів Карпат та Передкарпаття, серед яких вони залягають (Федушак, 1962). Джерело живлення цих порід нині глибоко поховане під насувами Карпатської споруди й не виходить на поверхню (Вялов та ін., 1981; Гнилко, Ващенко, 2004; та ін.).

У Бориславсько-Покутському покриві породи з екзотичними уламками були досліджені нами у відкладах воротищенської світи в районі р. Тисмениці (Дрогобицький район Львівської області). Ці екзотичні уламки представлені гравелітами та дрібногальковими конгломератами, складеними кварцом, кварцитами та кварцеподібними породами, ефузивними породами середнього-основного складу, уламками польового шпату.

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення, задачі дослідження.** У геологічній літературі екзотичні породи залишаються маловивченими і висвітлюються переважно у загальному контексті. Найбільш детальний опис екзотичних уламків у відкладах воротищенської серії Передкарпатського прогину зробив М. Ю. Федушак (Федушак, 1962). Також, згадки про ці відклади можна зустріти у працях українських та польських геологів: (Гнилко, Ващенко, 2004; Oszczupko etc., 2012, 2014 та ін.).

Оскільки екзотичні породи мають важливе значення для палеогеографічних і палеотектонічних реконструкцій, а також для з'ясування закономірностей геологічного розвитку регіону та прогнозування родовищ корисних копалин, постає необхідність у розширенні польових досліджень і детальному вивченні цих порід.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** У дослідженні застосовано петрографічні та порівняльно-геологічні методи. Зокрема, проведено петрографічний аналіз репрезентативних зразків, відібраних у результаті експедиції в районі р. Тисмениці (м. Борислав).

**Отримані результати, їх обговорення.** У межах Бориславсько-Покутського покриву екзотичні уламки були виявлені у складі гравелітів і конгломератів воротищенської світи у руслі річки Тисмениці. Один із уламків представлений гравелітом, який досліджено мікроскопічно (зразок № 2/Б).

Порода представлена дрібно-середньоуламковим, поліміктовим гравелітом з глинисто-псамітовим наповнювачем, масивна, міцно зцементована, сірого та бурувато-сірого кольору. Відзначається катакластична й збережена седиментогенна структура. (рис.1. А).

Мікроскопічно переважають уламки кварцу, зокрема кварцити та кварцитоподібні породи з гранобластовою структурою (рис.1. Б). На окремих зразках спостерігаються уламки слабометаморфізованих алевропелітів із накладенням кристалізаційної сланцюватості на мікрошарувату текстуру, що вказує на постседиментогенне перетворення та формування мікролепідогранобластової структури з порфіробластами кварцу.

Ознакою метаморфізму є мікрокліваж у гравійних уламках кварцу — з утворенням лускуватої будови за рахунок розділення мінералу на мікролітони. Спостерігається також «шипоподібна» структура диференційного ковзання (зеленосланцева фація), з вростанням серициту у крайові частини зерен кварцу.

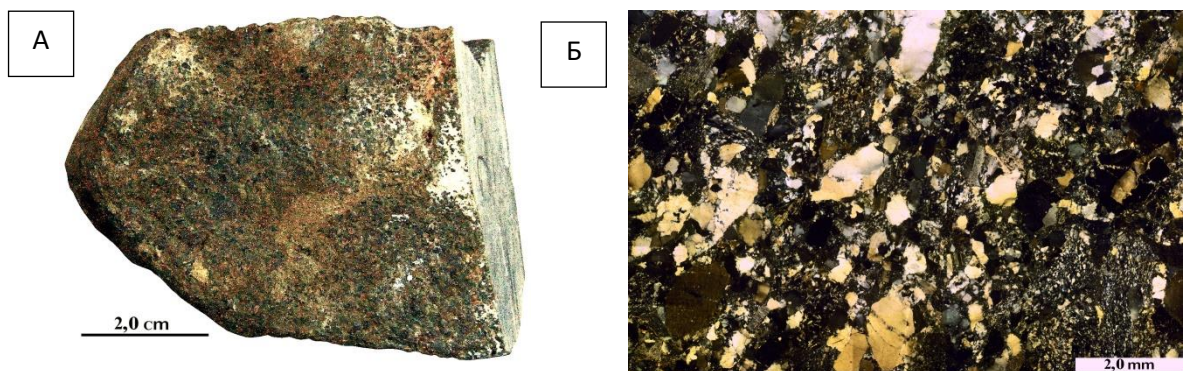


Рисунок 1. Загальний вигляд зразка (А) та мікрофотографія гравеліту з екзотичним матеріалом (Б) (район р. Тисмениця, м. Борислав).

Серед гравелітових уламків трапляються релікти ефузивних порід (середньо-основного складу) з трахітоїдною структурою. Поліміктовий склад породи підкреслюють псаміто-гравелітові уламки польового шпату, включаючи плагіоклаз.

Наявність аутигенних мінералів (кварц, альбіт, серицит, хлорит, рудний мінерал), а також рекристалізаційно-бластичних структур і кліважу вказує на прогресивний метаморфізм до рівня зеленосланцевої фації.

На сьогоднішній час нема підтвердженого джерела живлення цих екзотичних уламків. Деякі дослідники припускають, що перед фронтом мегапокриву Карпат, передовим елементом якого став Бориславсько-Покутський покрив, утворилося підняття форланду (fore-bulge), яке стало постачати «екзотичний» матеріал (Гнилко, Ващенко, 2004).

**Висновки.** Екзотичні уламки воротищенської світи Бориславсько-Покутського покриву за мінералогічними та структурними ознаками належать до зеленосланцевої фації метаморфізму. Ймовірним джерелом живлення екзотичного матеріалу могло бути підняття форланду перед фронтом Карпатського меганасуву. Подальше вивчення екзотичних порід допоможе краще реконструювати палеогеографічні й палеотектонічні умови регіону та оцінити перспективи родовищ корисних копалин.

**Список використаних джерел:**

Гнилко О.М., Ващенко В.О. [2004] Еволюція Бориславсько-Покутського та Самбірського покривів та тектонічна позиція міоценових моласових басейнів (Українське Прикарпаття) // Геодинаміка. – № 1(4). – С. 24–32.

Oszczypko N., Uchman A., Bubniak I. [2012] Foreland provenance of thick conglomerates in the early stage of Carpathian Foredeep development: the case of the Sloboda conglomerate (lower Miocene), western Ukraine // Geol. Quart. – 56(4). – P. 789–802.

Oszczypko N., Uchman A., Bubniak I. [2014] The Dobrotiv Formation (Miocene) in the Boryslav-Pokuttya and Sambir nappes of the Ukrainian Carpathians: a record of sedimentary environmental change in the development of the Carpathian Foredeep Basin // Geol. Quart. – 58(3). – P. 393–408.

Федушак М. Ю. [1962] Умови утворення екзотичних конгломератів воротищенської серії Передкарпаття // АН УРСР. – С. 29-30.

Вялов О. С., Гавура С. П., Даньш В. В. и др. . [1981] История геологического развития Украинских Карпат. – К.: Наук. думка. – 180 с.

## ПАЛЕОЦЕН-ЕОЦЕНОВІ ВІДКЛАДИ ГОЛЯТИНСЬКОЇ АНТИКЛІНАЛІ КРОСНЕНСЬКОГО ПОКРИВУ

*Шлапінський В.Є, Павлюк М.І., Лазарук Я.Г., Савчак О.З., Тернавський М.М.*

*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України  
[savchakolesya@gmail.ua](mailto:savchakolesya@gmail.ua)*

*The Golyatynska structure is located in the Khust district of the Transcarpathian region. There is a problem related to the age and structural position of the deposits of the Golyatynska anticline, located in the front part of the Bitlyan-Svydovet subnappe of the Krosno nappe. An important argument in favor of considering it not as a tectonic remnant, but as a structure that takes its place in this sub-cover, and not as the mythical Sub-Silesian zone for this area, is that the Oligocene sediments of the Golyatynska anticline belong to the Bitlyan subtype of the Krosno lithotype, which is characterized by an excessively reduced thickness of the menilite facies in the lower part of the Oligocene section. This is rather not only an important, but also a decisive argument, which indicates its belonging precisely to the Bitlyansko-Svydovetsky subcover, which we present for the first time in this work.*

## PALEOCENE-EOCENE DEPOSITS OF THE GOLYATYN ANTICLINE OF THE KROSNEN ROOF

*Shlapinsky V., Pavlyk M., Lazaruk Ya., Savchak O., Ternavsky M.*

**Вступ.** Голятинська структура локалізована в Хустському районі Закарпатської області. Існує проблема пов'язана з віком і структурним положенням відкладів Голятинської антиклінали, розміщеній в чоловій частині Бітлянсько-Свидовецького субпокриву Кросненського покриву в центральному перетині Карпат в басейні р. Ріки.

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення.** Частина геологів відклади в її ядерній частині датують нижньою крейдою. Підставою для цього висновку була знахідка по одній з приток р. Голятинки уламка амоніта і знахідка була зроблена не в корінних відкладах, а в алювії. С. І. Пастернак визначив його як *Hamites* sp. (Кульчицький, Лозыняк, 1967; Габинет та ін., 1976). На підставі чого вони приділили ці верстви до шипотської світи нижньої крейди. До такого ж погляду схилився П. Ю. Лозыняк (*Геологическое строение...*, 1971). В останній час про присутність у складі Голятинської структури відкладів шипотської світи нижньої крейди і верхньої крейди у венгловецькій фації з'явилися публікації (Гнилко, 2010, 2022; Гнилко, Пономарьова, 2006). У протилежність цьому геологи, які проводили тут геолого-знімальні роботи дотримувались думки про відсутність тут відкладів крейди (Кузовенко В. В., Жигунова З.Ф., Бунда В. А. *Отчет о групповом геологическом доизучении и комплексной съемке масштаба 1:50000 на площади Вышков Ивано-Франковской и Закарпатской областей УССР в 1978-1982 г.г. (листы М-34-120-А, В; М-34-131-Б; М-34-132-А, В). Львовская ГЭ, Львов, 1982. – 218с.*). Отже, за даними В. В. Кузовенка розріз Голятинської складки по потоку Голятинський (ліва притока р. Голятинки – або Голятинка Мала) складають наступні відклади. За літологічними ознаками її ядерна частина складається з чотирьох пачок: 1–темноколірна (100 м). чергування піщаних і глинистих пачок, пісковики в піщаних пачках сірі, поліміктові, різнозернисті, кременисті, невапнисті, товстоверстуваті, у подошві часто з гравієм чорних кременистих аргілітів; 2–піщана (до 140 м), пісковики сірі, світло- і темно-сірі, поліміктові, різнозернисті, некарбонатні, дуже міцні, часто кварцитовидні, грубо шаруваті і брилові; 3–аргілітова (до 160м) з перевагою аргілітів вишнево- червоних,

зрідка зелених, невапнистих, кременистих, дуже міцних, нерівно розсланцьованих; 4–аргілітова (до 90 м), тонкоритмічне перешарування аргілітів зелених і темно-сірих до чорних. Розріз охарактеризований мікрофауною: у пачці 1 – *Hyperammina lineariformis*(Myatl.), *Hyperammina aff. maxima*(Friedberg), *H. cylindrica* Glaessner, *Proteonina complanata* (Franke), *Nodellum rhumbleri*(Franke); у пачці 2– в нижній її частині у двох взірцях, крім перших двох видів знайдені *Cyclammina amplexens* (Grzyb.) у пачці 3 визначені ті ж види мікрофауни в різних співвідношеннях. На площі Новоселиця в межах якої розміщувалась Голятинська складка О. Л. Арцабка і Л. В. Манакова вік усіх чотирьох пачок приділили до еоцену (Арцабка О. Л., Манакова Л. В. *Отчет о геологических исследованиях, проведенных на площади Новоселица Закарпатской области УССР. Трест “Львовнефтегазразведка”. Львовская ГПК – Львов, 1959. – 175 с. Фонди ДП “Західукргеологія*), ґрунтуючись на результатах визначення мікрофауни (мікропалеонтолог Н. Я. Бояринцева).

Аналізували численні взірці з потоків Рудавець, а також інших приток р. Голятинки. У пачці 1 знайдені такі види: *Ammodiscus aff. glabratus* (Cush. et Jarv.), *Haplophragmoides aff. walteri* (Grzyb.), *Hyperammina cylindrica* Glaessner, *H. ex gr. nova* Mjatluk, *Proteanina complanata* (Franke), *Nodellum rhumbleri* (Franke), *Trochamminoides irregularis* White У пачці 2-3 визначені *Hyperammina lineariformis*(Myatl.), *Reophax splendidus* Grzyb. *R. duplex* Grzyb., *Recurvoides retroseptus* Grzyb.; у покрівлі пачки 3– *Hyperammina latissima* (Grzyb.); у пачці 4 – *Hyperammina lineariformis*(Myatl.), *Cyclammina amplexens* (Grzyb.), *Reophax splendidus* Grzyb., *Rhezakina epigona* (Rhezak). Знахідки ж амоніта *Hamites* sp. і верхньокрейдової мікрофауни в більш молодих відкладах, пояснюються перевідкладенням цієї фауни, що є явищем досить поширеним у карпатському фліші.

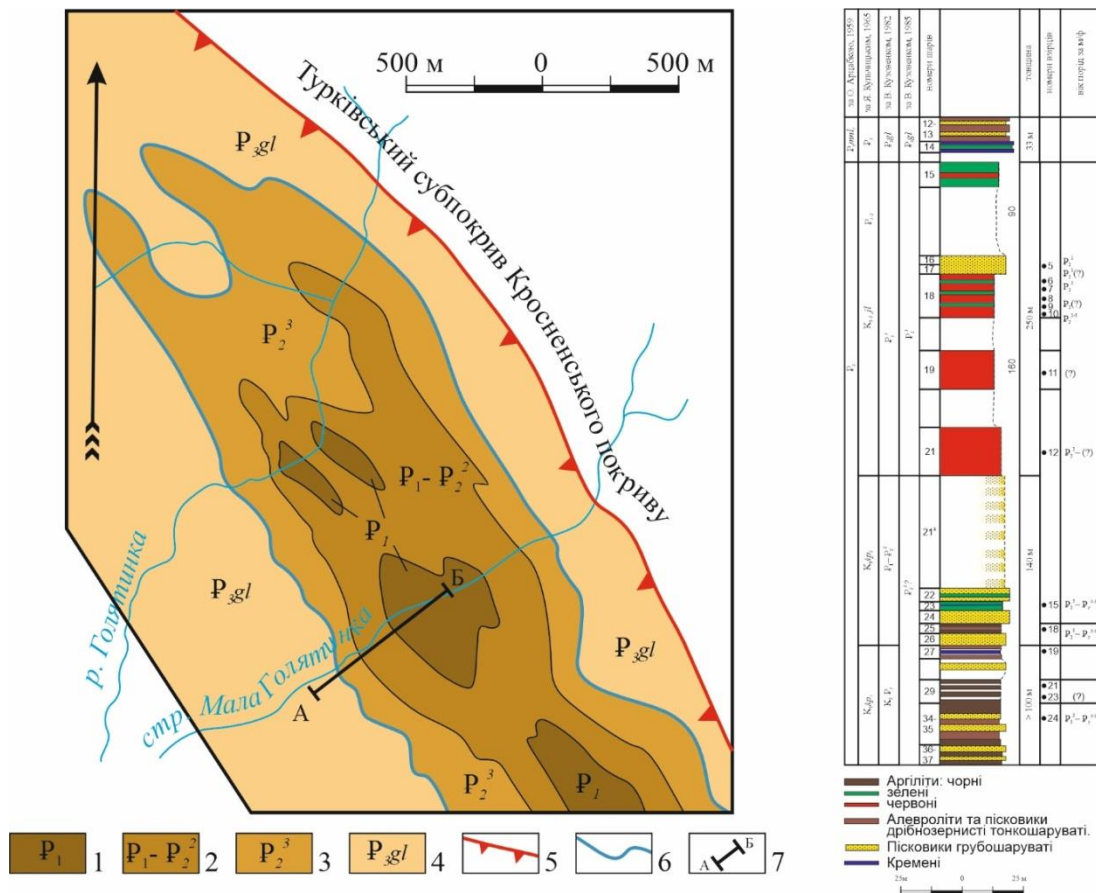
**Отримані результати, їх обговорення.** Автори даної статті відносять пачку 1 до палеоцену, пачку 2 до палеоцену-середнього еоцену, пачки 3 і 4 до верхнього еоцену.

Група геологів УкрДГРІ за літологічними ознаками і даними палеонтології віднесли пачку 1 до нижньошипотської підсвіти нижньої крейди (знахідка амоніту, що на думку С. І. Пастернака нагадує нижньо-верхньокрейдовий вид *Hamites* sp). Пачку 2 вони порівнювали з верхньошипотською підсвітою Дуклянсько-Чорногорського покриву. З низів пачки 3 наводяться такі аглютиновані форамініфери: *Uvigerinamina jankoj* Majzon, *Plectorecurvoides alternans* Noth, *Trochammina globigeriniformis* (Parker et Jones) та інші. У верхах цієї ж пачки знайдені нижньопалеогенові цикламміни. На підставі неперервності розрізу дані дослідники дійшли висновку, що нижня частина пачки 3, товщина якої становить 35 м, охоплює всі ланки розрізу верхньої крейди (*Габинет та ін., 1976*).

Верхньокрейдові відклади такої малої потужності не знаходять аналогії серед одновікових порід Скибового, Кросненського та Дуклянського-Чорногорського покривів. Товщина верхньої крейди у цих тектонічних одиницях коливається від 700 до 3500 м. Через це, названі вище автори пояснили дане протиріччя тим, що такі ж скорочені розрізи верхньої крейди характерні для Субсілезької зони. Проте це не так, бо вони відсутні і в Субсілезькій зоні. Так з геологічного розрізу через нафтове родовище Венглювка виводиться, що товщина лише венгловецьких мергелів складає понад 200 м. (Karnkowski, 1993). В праці (*Huss, 1957*) дослідниця окреслює товщину верхньої крейди величиною 155-255 м. Такі ж цифри (250 м) наводять польські геологи (*Gucik, Wojcik, 1982*).

Голятинська антикліналь знаходиться у фронтальній частині Бітлянсько-Свидовецького субпокриву. Нещодавно спробу обґрунтувати приналежність Голятинської антикліналі до Субсілезької зони зробив також О. М. Гнилко (*Гнилко, 2010, 2022*). Знаючи, що Субсілезька зона знаходиться на прилеглій території Польщі між Скольською та Сілезькою одиницями (аналогами наших Скибового і Кросненського покривів), він вирішив Голятинську антикліналь розмістити у такому ж

положенні. Для цього він розрубав субмеридіональним насувом Турківський субпокров Кросненського покриву і підвів до фронтальної частини цієї антикліналі його південно-східну ділянку, створивши ілюзію того, що це частина Скибової одиниці, замістивши Турківський субпокров Славською скибою (Гнилко, 2010). З порівняння двох карт, виконаних цим дослідником, тектонічної і геологічної помітно, що там цей субмеридіональний насув по іншому проведений на відтинку р. Славка. На тектонічній мапі він заходить на правий її берег, а на геологічній він відчутно викривлений. Це, на нашу думку, зроблено для того щоб не розривати еоценові відклади, які знаходяться у фронтальній частині Ялинкуватської луски. Дійсно, який може бути насув зон, якщо він розриває одну і ту ж структуру. Він також не врахував, що за результатами геологічних робіт на площі Климець, він роз'єднує аж чотири луски складені породами одного віку і структурної приналежності.



**Рис. 1.** Геологічна карта і літо-стратиграфічний розріз Голятинської антикліналі. 1–палеоцен, 2–палеоцен-середній еоцен, 3–еоцен верхній, 4–олігоцен нижній–головецька світа, 5–насув Бітлянсько-Свидовецького субпокрову, 6–нижньокременивий горизонт, 7–маршрутний хід В. В. Кузовенка (1984 р.).

Щоправда, в останній своїй статті О. М. Гнилко фактично ліквідував таку структурну одиницю як Турківський субпокров Кросненського покриву і штучно підвів Скибовий покрив під Голятинську антикліналь (Гнилко, 2022), зліквідувавши і субмеридіональний насув, який він зобразив у попередній статті (Гнилко, 2010) і підтвердив таким чином, наші висновки про його штучність. За О. М. Гнилком Голятинська структура – це, вірогідно, “лінза витискання”, антиклінальне ядро якої складене деформованим нижньокрейдоровим флішом та пластичними верхньокрейдоровими глинисто-мергелистими утвореннями голятинської товщі. На його думку, це витискання, очевидно, відбулося після утворення покривної структури і

зумовлювалось транспресивними (зсув+стиск) рухами, завдяки яким відносно тонкий пластичний Субсілезький покрив був розтягнений на окремі тектонічні лінзи (великі будини?), розміщені між жорстким флішем сусідніх тектонічних покривів.

Пояснити такий скорочений розріз верхньої крейди, розмивом частини відкладів або тектонічним витисканням не можна. Це суперечило б *результатам* (Пономарьова, 2007), яка виділила у скороченому розрізі верхньої крейди усі без винятку яруси. Також підозрілим є факт літологічної тотожності темноколірних верств еоценового і нижньокрейдного віку, розташованих майже впритул по розрізу. Цей факт взагалі здається неймовірним.

Залишається визнати, що шипот несправажній, а нижньо і верхньокрейдова фауна перевідкладені. Численні факти такого перевідкладення, наводить (Совчик, 1979).

**Висновки.** Важливим аргументом на користь того, щоб вважати її не тектонічним останцем, а структурою, яка займає своє місце у складі цього субпокриву, а не представляє міфічну для цього району Субсілезьку зону, є те, що олігоцені відклади Голятинської антикліналі (варто додати, що на обох її крилах) відносяться до бітлянського підтипу кросненського літотипу, для якого характерно надто скорочена товщина менілітової фації в нижній частині розрізу олігоцену (всього 90 м вище нижньокременевого горизонту в Голятинській структурі). Це скоріше не тільки важливий, а й вирішальний аргумент, який свідчить про її приналежність саме до Бітлянсько-Свидовецького субпокриву, який ми вперше наводимо в цій праці (рис.1).

#### **Список використаних джерел.**

- Габинет М. П., Кульчицкий Я. О., Матковский О. И. [1976] *Геология и полезные ископаемые Украинских Карпат*. Ч. I, Львов., – 200с.
- Геологическое строение и горючие ископаемые Украинских Карпат /ред. В. В. Глушко, С. С. Круглов [1971]. Тр. УкрНИГРИ. –Вып. XXV. – 392с.
- Гнилко О. М. [2010] Про північно-східну границю Кросненської тектонічної зони в Українських Карпатах. //Геологія і геохімія горючих копалин. - № 2 (151). – С.44-57.
- Гнилко О. М. [2022] Геологія Субсілезького покриву в басейні р. Ріка (Українські Зовнішні Карпати, Голятинська структура). //Вісник Львів. ун-ту. Серія геолог. Вип. 36. – С. 25–43
- Гнилко О. Пономарьова Л. [2006] Голятинська структура Українських Карпат аналог Субсілезької структурно-фаціальної одиниці Польських Карпат //Проблеми геології та нафтогазоносності Карпат: тези міжнародної наукової конференції. – Львів., – С.58-61.
- Кузовенко В. В., Шлапінський В. Є., Михайловський І. З. [2005] Про вік порід що складають ядрну частину Голятинської антикліналі //Біостратиграфічні критерії розчленування та кореляції відкладів фанерозою України / Збірник наукових праць ІГН НАН України. Відп. ред. П. Ф. Гожик . – К.: ІГН НАН України., – С. 111-113.
- Кульчицкий Я. О., Лозыняк П. Ю. [1967] О субсилезском и силезском литофаціальних типах разрезах мела на территории Украинских Карпат//Бюл. НТИ. Сер. Геология месторождений полезн. ископаемых, регион. геология. –№5. – С. 55-62.
- Пономарьова Л. Д. [2007] Форамініфери крейдних відкладів Голятинської структури //Палеонтологічні дослідження в Україні: історія, сучасний стан та перспективи : зб. наук. праць ІГН НАН України. Київ.,– С. 192–194.
- Совчик Я. В. Материали к палеогеографии палеогенового бассейна Карпат [1979] //Геол. журнал. Вып. 39. – № 5. – С. 36–48.
- Gucik S., Wójcik A. [1982] *Objaśnienia do mapy geologicznej Polski. 1:200000*. Arkush Przemysł, Kalników. Warszawa: Inst. Geol., – 91s.
- Huss F. [1957] *Stratygrafia jednostki Węglówki na podstawie mikrofauny*. Acta geologica polonica. vol. 7, nr. 1, S. 29-69.
- Karnkowski P. [1993] *Złoża gazu ziemnego i ropy naftowej w Polsce – Karpaty i Zapadlisko Przedkarpackie*, Kraków, t. II.

## **ПЕТРОГРАФІЯ І НОМЕНКЛАТУРА ЧАРНОКІТОЇДІВ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА**

*Шнюкова К.Є., Томурко Л.Л.*

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П.Семененка НАН України,  
Київ, [shniukova@gmail.com](mailto:shniukova@gmail.com)*

*The petrographical and mineralogical characteristics of charnockitoids from the central part of the Ukrainian Shield are presented. The need for petrographic study, prior to modern analytical investigations, is emphasized, especially for Neoproterozoic enderbites. Among them, two contrasting types have been distinguished based on petrography, namely Yatran and Ingul.*

## **PETROGRAPHY AND NOMENCLATURE OF CHARNOKITOIDS IN THE CENTRAL PART OF THE UKRAINIAN SHIELD**

*Shniukova K.Ye., Tomurko L.L.*

*M.P.Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of  
Ukraine, Kyiv, [shniukova@gmail.com](mailto:shniukova@gmail.com)*

**Вступ.** Чарнокітоїди – ортопіроксен-вмісні магматичні та метаморфічні породи від середніх до кислих. На Українському щиті (УЩ) докембрійські чарнокітоїди виявлені у більшості мегаблоків. Вони вивчалися вітчизняними петрографами упродовж багатьох років, узагальнення дано у монографії (*Кривдік та ін, 2011*). Головна увага приділялася найдавнішим ендербітам гайворонського комплексу та чарноендербітам літинського комплексу, відповідно, Середнього та Верхнього Побужжя південно-західної частини УЩ. Але найрізноманітніші чарнокітоїди поширені в центральній частині УЩ, в межах Інгульського мегаблоку та в Голованівській шовній зоні (ГШЗ).

**Аналіз попередніх досліджень.** Наприкінці 80-х років у цьому районі, переважно на території Кіровоградської області, було здійснено масове систематичне опробування чарнокітоїдів у рамках міжвідомчої програми «Полігон» з оголень та кар'єрів, рідше свердловин у басейні Південного Бугу вздовж річок Гнилий та Гірський Тікичи, Інгул, Синюха та її притоків Ятрань, Чорний Ташлик і Велика Вись; у басейні Дніпра – вздовж річок Рось, Тясмин та його притоку Гнилий Ташлик, Інгулець та його притоків Боковенька і Верблюжка. Завдання полягало в уніфікації комплексного вивчення цих порід. Кожна відібрана проба супроводжувалася шліфами, геохімічною наважкою для аналізу на головні петрогенні, рідкісні та рідкісноземельні елементи, а також протоколочкою для мінералогічного аналізу. Результати частково публікувалися (*Щербаків, 2005*), але дослідження так і не було завершено.

**Фактичний матеріал, формулювання проблеми та методологія досліджень.** Після ретельної перевірки було обрано 36 проб порід «Полігона», які вважалися чарнокітоїдами та були призначені для подальшого геохімічного та геохронологічного дослідження на сучасному рівні. При вивченні чарнокітоїдів неминує з'являється проблема їх коректного найменування. Нерідко трапляється, що автори, які отримали нові геохімічні дані щодо окремих мінералів, нехтують петрографічним та хімічним складом самої породи і дають такій породі довільну назву, що ускладнює розуміння її походження і навіть призводить до невірних висновків. Петрографічний та мінералогічний склад чарнокітоїдів «Полігона» вивчалися в шліфах та протоколках. Світлі мінерали представлені кварцем та плагіоклазом, часто калієвим польовим

шпатом (КПШ). З темноколірних мінералів, окрім ортопіроксену, чарнокітоїди завжди містять біотит, часто – клінопіроксен, рідко – первинну рогову обманку; з олівінів може бути присутнім фаяліт. Породоутворювальні та деякі акцесорні мінерали аналізувалися за допомогою мікроаналізаторів JСХА-733 і JХА-733(Jeol).

**Отримані результати.** Чарнокітоїди – первісно магматичні метаморфізовані породи. Головна петрографічна особливість чарнокітоїдів, які зазнали гранулітового метаморфізму, – широкий розвиток кристалобластових структур, через що чарнокітоїди часто описувалися як гнейси; щодо найдавніших чарнокітоїдів з'явився навіть термін «ендербіто-гнейс». У вивчених породах переважає гранобластова середньо-до крупнозернистої структура, іноді перехідна до лепідогранобластової; часто різнозерниста, гетеробластова аж до порфіробластової та гломеробластової. Більшість порід виявляють гнейсовидну текстуру, простежується директивність щодо розташування темноколірних мінералів і, іноді, плагіоклаза. Катаклазовані породи мають гранобластову катакlastичну структуру, зрідка до цементної або навіть мілонітової, в якій директивність підкреслюється витягнутістю кварцевих зерен. Неметаморфізовані чарнокітоїди мають магматичні структури: гіпідіоморфнозернисту, іноді слабо порфіроподібну, рідко – пойкилітову і навіть монцонітову, паналотріоморфнозернисту або габрову. Магматичні породи також можуть бути катаклазовані до появи цементної структури.

На класифікаційній діаграмі TAS вивчені чарнокітоїди відносяться до середніх та кислих пород, переважають породи нормального ряду, менше представлені породи підвищеної лужності. До останніх належать чарнокітоїди Новоукраїнського масиву, деякі породи р. Велика Вись та всі – Малосмілянського кар'єру на р. Гнилий Ташлик (останні виявляють підвищену лужність за рахунок високого вмісту  $\text{Na}_2\text{O}$ , а не  $\text{K}_2\text{O}$ ). Згідно з Петрографічним кодексом України (1999), подвійна номенклатура застосовується для ортопіроксен-вмісних середніх порід підвищеної лужності (мангерит – гіперстенові монцоніт, кварцові монцодіорит або монцоніт, йотуніт – гіперстеновий монцодіорит) та кислих порід нормальної лужності (ендербіт – гіперстенові тоналіт або тронд'єміт, чарноендербіт – гіперстеновий гранодіорит, чарнокіт – гіперстеновий граніт). Деякі петрологи пропонують відмовитися від спеціальної «чарнокітової» номенклатури і просто перед назвою породи за TAS додавати приставку Орх-, але ми користуємося вказівками вітчизняного петрокодекса. Слід зазначити, що справжні ендербіти (тобто Орх-тоналіти) є лише в гайворонському комплексі Побужжя, а в центрі УЩ це Орх-тронд'єміти.

Застосована до вивчених чарнокітоїдів, з урахуванням петрохімії, магматична «чарнокітова» номенклатура іноді вступає у суперечність із реальним мінеральним складом породи. Так, названі мангеритами кварцові монцодіорити рр. Велика Вись і Гнилий Ташлик не містять, як належить для таких порід, самостійних зерен КПШ. І, навпаки, деякі діорити та кварцові діорити рр. Рось, Синюха та Тясмин містять його у кількості 2-10%, що не характерно для цього виду. КПШ є навіть у габродіориті р Ятрань (10%); в ньому, як і в інших габродіоритах і навіть габро рр. Гірський і Гнилий Тікичи, міститься заборонений для цього виду кварц в кількості 5-15%, через що вони і вважалися чарнокітоїдами. У кисліших середніх породах вміст кварцу становить 7-25%, а в кислих коливається від 15 до 40 %; в ендербітах стійко 28-32% кварцу.

Плагіоклаз у кислих породах – олігоклаз, зазвичай чітко тонко полісинтетично здвійникований, зрідка серицитизований. Його вміст у чарнокітах, гранітах і чарноендербітах становить 24-32% (більше тільки в чарноендербітах р. Синюха – до 55%); в ендербітах вміст плагіоклазу 35-62%. В середніх породах плагіоклаз представлений андезином, рідко олігоклазом, його вміст 45-65%; крім дрібних тонкоздвійникованих зерен, зустрічаються великі прості двійники. В кварцовому діориті р. Рось дрібні таблитчасті зерна плагіоклазу розташовані пойкилітово в КПШ та кварці. Для середніх порід р. Ятрань характерні рідкісні, погано оформлені,

клиноподібні двійники, а для середніх порід р. Гнилий Ташлик – дуже тонкі через альбітизацію двійники або їх відсутність.

Важлива петрографічна особливість чарнокітоїдів – наявність антипертитів заміщення. У породах «Полігона» різноманітні антипертити – подовжені, лінзовидні, крапельні, таблитчасті – поширені у плагіоклазі повсюдно, їх немає лише у позбавлених КПШ ендербітах рр. Рось та Ятрань та габродіоритах рр. Гірський та Гнилий Тікичи, а також у гранітах та чарнокітах. Антипертити спостерігаються навіть за відсутності індивідуалізованих зерен КПШ у породі, особливо це властиво середнім породам рр. Велика Вись та Тясмин. Цікаво, що в чарноендербіті та ендербіті р. Верблюжка немає антипертитів за наявності у породі КПШ, а в аналогічних породах р. Інгул – хоч трохи, але є. В інтрузивних кварцових монцонітах Новоукраїнського масиву є антипертити іншого, магматичного, генезису.

У залучених для порівняння типових ендербітах гайворонського комплексу антипертитів в плагіоклазі немає; сингенетичний гіперстен становить 15-20%, клинопіроксен 10-13%, біотиту дуже мало, а гранат та монацит відсутні. В літинських чарноендербітах кількість піроксенів зменшується, з'являються КПШ та антипертити у плагіоклазі та збільшується кількість біотиту. У кремнекислих породах «Полігона» вміст КПШ загалом узгоджується зі зростанням калієвості: у згаданих вище калішпат-вмісних ендербітах він становить 5-15%, у чарноендербітах 15-25%, чарнокітах і гранітах 30-40%, а максимальна кількість – 40% - в граносієніті р. Велика Вись та кварцовому монцоніті р. Чорний Ташлик Новоукраїнського масиву. Останній – єдина порода «Полігона», яка може вважатися справжнім кварцовим монцонітом, або мангеритом.

У метаморфізованих породах з кристалобластовими структурами та невеликою кількістю КПШ він найчастіше накладений, нерешітчастий та пертитовий, міжзерновий, іноді плівковий; може виявлятися слабка мікроклінова решітка і незначна кількість пертитів. Зрідка нерешітчастий і пертитовий КПШ відзначається у великих виділеннях порід з магматичними структурами. В явно магматичних породах – ясно ґратчастий мікроклін-пертит. На межі КПШ та плагіоклазу спостерігаються мирмекіти, найчастіше в катаклазованих породах гранітного складу.

Головний темноколірний мінерал чарнокітоїдів – ортопіроксен. Породи можна вважати чарнокітоїдами та застосовувати до них «чарнокітову» номенклатуру в тому випадку, якщо ортопіроксен присутній у шліфах. У найменш кремнекислих середніх породах «Полігону» вміст ортопіроксену становить 9-20%, причому максимум припадає на такі породи р. Ятрань, а в найбільш кремнекислих середніх породах – 4-10%. Кислі породи містять 2-10% ортопіроксену, максимально – в ендербітах-чарнокітах рр. Верблюжка та Інгул. У породах, названих гранітами на відміну від чарнокітів, ортопіроксен відсутній у шліфах і наявний тільки в протолочках.

Залізистість ортопіроксену прямо залежить від параметра  $FeO/(FeO+MgO)$  породи: магнезійні чарнокітоїди містять гіперстен, рідше ферогіперстен, залізисті нормального ряду – ферогіперстен, а залізисті чарнокітоїди підвищеної лужності (зокрема, Новоукраїнського масиву) – тільки евліт. Виняток – кварцовий діорит р. Рось, у якому евліт поєднується з фаялітом, що припустимо, оскільки асоціація кварц+фаяліт хімічно ідентична евліту.

У шліфах ортопіроксен рідко утворює незмінені ідіоморфні таблитчасті зерна, що фіксується в кварцовому монцоніті р. Чорний Ташлик, у деяких породах р. Синюха, у більшості порід р. Ятрань. При цьому ідіоморфізм ортопіроксену відзначається у породах як з магматичними, так і з гранобластовими структурами. Набагато частіше ортопіроксен ксеноморфний і різною мірою заміщений вторинними мінералами. У деяких породах рр. Синюха та Рось і майже скрізь на р. Велика Вись гіперстен або ферогіперстен заміщується болотно-бури́м біотитом, іноді з утворенням подібності петельчастих структур. У метаморфізованому діориті р. Синюха відбувається

заміщення ідіоморфного ферогіперстену Са-амфіболом – ферочермакітом, але частіше в породах цієї локації по ортопіроксену розвивається агрегат амфіболу та біотиту. Ідіоморфний ортопіроксен заміщується актинолітовим амфіболом і в деяких магматичних середніх породах, в них же в ортопіроксені спостерігаються структури розпаду твердих розчинів: у фаяліт-вмісному кварцовому діориті р. Рось – в евліті, в середніх породах р. Тясмин – у простих двійниках у формі «ластівчиного хвоста».

Особливо слід зазначити характерні для кислих порід рр. Інгул і Верблюжка скелетні форми ортопіроксену, що свідчать про накладений характер цього мінералу: великі зерна ортопіроксену поцятковані включеннями кварцу (часто округлого), плагіоклазу, рідше апатиту. У метаморфізованих ендербіті та чарнокіті р. Інгул ксеноморфні скелетні виділення ферогіперстену заміщуються спочатку безбарвним кумінгтонітом, а потім – світлою зеленувато-блакитною роговою обманкою. Заміщення ортопіроксену кумінгтонітом аж до утворення псевдоморфоз зафіксовано ще в середніх чарнокітоїдах – як метаморфізованих, так і магматичних – р. Гнилий Ташлик та р. Тясмин. Кумінгтоніт, що заміщає гіперстен, відзначений також у плагіогнейсі р. Тясмин. Кумінгтоніт – мінерал високої амфіболітової фації, а не гранулітової; заміщення їм ортопіроксену притаманно для перехідних між цими фаціями зон, та її розвиток у породах східної частини Інгульського мегаблоку свідчить про зниження, проти західною частини, фації метаморфізму.

Розвинений за ортопіроксеном амфібол у чарнокітоїдах «Полігона» спостерігається у вищезгаданих шліфах у кількості 1-5%, в інших породах відзначається лише в протолоцці. У шліфах лише двох проб, поряд із вторинним амфіболом, знайдено самостійні зерна сингенетичного амфіболу: в діориті р. Синюха 5% становить жовто-зелена рогова обманка та в габродіориті р. Гнилий Тікич 13% припадає на магнезіогастингсит.

Клінопіроксен часто діагностується в протолочках, але в шліфах видний рідко. Його немає в шліфах кислих порід (у тому числі ендербітів), за винятком чарноендербіту р. Синюха (1%). У небагатьох середніх породах (переважно р. Синюха) клінопіроксену 1-5%, причому максимально – у «мангеритах» р. Гнилий Ташлик, де він, на відміну від ортопіроксену, свіжий. Збагачені клінопіроксеном (10-15%) тільки найосновніші породи – габро і габродіорит. Клінопіроксен повсюдно представлений салітом, тільки в ендербіті на р. Інгул це феросаліт, а діориті р. Синюха – авгіт.

Біотит у чарнокітоїдах «Полігона» має забарвлення від червоно-коричневого до бурого, його вміст коливається від 1 до 20%. У кислих породах (у тому числі ендербітах) його небагато, зазвичай 2-6%; збагачені біотитом породи рр. Інгул, Верблюжка та Велика Вись, де його вміст становить 10-20%. У середніх породах кількість біотиту може бути різною. Найменше (1%) його у діориті р. Синюха, 2% - у кварцовому монцоніті р. Чорний Ташлик, 3% - у деяких габродіоритах, 7-8% - у деяких кварцових діоритах; у решти середніх пород його вміст 10-20%. Біотит, як правило, пізній, накладений; часто спостерігаються плеохроїчні дворики навколо включень циркону та апатиту. Рідко відзначається (в породах рр. Ятрань, Тясмин) сингенетичний біотит, він має помаранчевий відтінок і його в породі мало. Важливою особливістю чарнокітоїдів є високий вміст  $TiO_2$  у біотиті (зазвичай у межах 4-5%), що властиво біотитам гранулітової фації. У діориті р. Синюха біотит містить 5,05%  $TiO_2$ , а в новоукраїнському кварцовому монцоніті – 3,76-5,54%. У біотитах із деяких порід рр. Велика Вись, Гнилий Тікич і Ятрань вміст  $TiO_2$  ще вищий – 5,11-6,14%. Низький «амфіболітовий» його вміст (2,4%) фіксувався тільки в біотиті з ендербіту р. Інгул і пояснювався нижчими температурами (*Кривдік та ін, 2006*); такий біотит відрізняється темно-бурим, майже чорним кольором.

Гранат часто спостерігається в протолочках, а в шліфах присутній тільки в деяких кислих породах, де має вигляд накладеного мінералу: у кількості 1-5% піропальмандиновий гранат в чарноендербітах і граніті рр. Ятрань та Синюха, особливо

багато – 10% - суттєво альмандиновий гранат у чарнокіті р. Синюха. Майже чистий альмандин зустрічається у новоукраїнському кварцовому монцоніті та граносієніті р. Велика Вись. У ендербітах, крім такого р. Інгул, гранату немає.

У кислих чарнокітоїдах рр. Верблюжка, Велика Вись та Рось зустрічається графіт аж до 1-2% у шліфах. У ендербітах рр. Інгул, Верблюжка та Рось та в граносієніті р. Велика Вись відзначається зелена шпінель аж до появи в шліфах. З рудних мінералів магнетит мало поширений, у поодиноких випадках – у шліфах; ільменіт характерніший, але й він у шліфах виявлений лише в деяких діоритових породах рр. Синюха та Тясмин. Чарнокітоїди рр. Інгул та Гнилий Ташлик позбавлені рудних.

Апатит та циркон – наскрізні мінерали. Тільки у двох пробах апатиту немає ні в шліфах, ні в протолочці – ендербіті р. Рось та граніті р. Синюха. У кварцовому монцоніті р. Чорний Ташлик, навпаки, апатиту багато – до 2%. Циркон не виявлено лише у двох середніх породах; особливо збагачені цирконом породи рр. Інгул, Верблюжка, Велика Вись, Чорний Ташлик, Синюха, де його видно в шліфах. Монацит часто зустрічається в протолочці кислих і середніх порід рр. Інгул, Верблюжка, Велика Вись, Чорний Ташлик, Синюха, Ятрань (навіть в ендербітах, що незвичайно); рідко монацит спостерігається у шліфах.

**Висновки.** Петрографічне вивчення має передувати будь-які сучасні аналітичні дослідження порід та мінералів, зокрема геохронологічні. Петрографія молодих магматичних протерозойських чарнокітоїдів проста і однозначно вказує на їхній генезис. А от для більш давніх метаморфізованих неоархейських (?) чарнокітоїдів, що мають складну історію, важливо ще на стадії петрографічного вивчення виявити деякі закономірності та розділити породи до того, як вони будуть досліджені на вищому рівні. Особливо це актуально для ендербітів центральної частини УЩ, вік та походження яких досі є предметом суперечок. За петрографією можна виділити два їх контрастні типи, локалізовані в різних частинах вивченого району: умовно ятранський тип зони ГШЗ та інгульський тип східної частини однойменного мегаблоку. Для ятранських ендербітів характерні нечисленні сингенетичні гіперстен та гранулітовий біотит без клінопіроксену в шліфах, відсутність КППШ та антипертитів, але присутність монациту. Інгульські ендербіти містять накладений скелетний ферогіперстен, що заміщується кумінгтонітом, феросаліт, велику кількість накладеного негранулітового біотиту, КППШ та антипертити, шпінель та графіт, а рудні мінерали відсутні.

**Список використаних джерел:**

Кривдік С.Г., Загнітко В.М., Томурко Л.Л., Мінеєва В.М., Кравченко Г.Л., Бондаренко І.М., Канунікова Л.І., Дубина О.В. [2006] Геохімічні особливості ендербітів Українського щита та деякі міркування щодо їхнього петрогенезису // Мінерал. журн. – Т. 28, №3. – С. 10-26.

Кривдік С.Г., Кравченко Г.Л., Томурко Л.Л., Дубина О.В., Загнітко В.М., Рокачук Т.А., Шнюкова К.Є., Мінеєва В.М. [2011] Петрологія і геохімія чарнокітоїдів Українського щита. – К.: Наук. думка. – 215 с.

Петрографічний кодекс України [1999]. Відп. ред. І.Б. Щербаков. – Київ. – 81 с.

Щербаков І.Б. [2005] Петрологія Украинского щита. – Львов: ЗУКЦ. – 366 с.

## ТЕХНОЛОГІЯ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНОЇ ОБРОБКИ СУПУТНИКОВИХ ТА ФОТО ЗНІМКІВ: ПОПЕРЕДНІ РЕЗУЛЬТАТИ ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ ОБСТЕЖЕННЯ ОЛЕСЬКОЇ ПЛОЩІ

Якимчук М.А.<sup>1</sup>, Корчагін І.М.<sup>2</sup>, Соловійов В.Д.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут прикладних проблем екології, геофізики і геохімії, Київ,

[yakymchuk@gmail.com](mailto:yakymchuk@gmail.com)

<sup>2</sup>Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАНУ, Київ, [korchagin.i.n@gmail.com](mailto:korchagin.i.n@gmail.com),

[solvalera@ukr.net](mailto:solvalera@ukr.net)

*The results of reconnaissance survey by direct-prospecting methods of three sections (northern, central and southern) of the Oleska area in western Ukraine are presented. During the frequency-resonance processing of satellite images, signals at hydrocarbon frequencies were recorded from the surface within all three sections. However, at the boundary of the HC synthesis of 57 km, responses at hydrocarbon frequencies were recorded only within the central section. At the second stage of experimental work, sounding of the section was carried out within the depth interval of 0-10 km within the three sections of the area in order to assess the depths of occurrence and thicknesses of hydrocarbon-saturated layers. By sounding the section with a step of 1 m within the central section of the area, 14 hydrocarbon-saturated layers were identified. The obtained results of the Oleska area reconnaissance survey allow us to state that detailed geological and geophysical work at the initial stage of research should be carried out within the central section of Oleska area.*

## TECHNOLOGY OF SATELLITE AND PHOTO IMAGES FREQUENCY- RESONANCE PROCESSING: PRELIMINARY RESULTS OF APPLICATION FOR THE OLESKA AREA SURVEYING

Yakymchuk M.A., Korchagin I.M., Soloviev V.D.

**Вступ.** Мобільна прямопошукова технологія частотно-резонансної обробки та декодування супутникових знімків і фотографій (Якимчук *и др.*, 2019) в 2019-2024 рр. пройшла масштабну апробацію з метою демонстрації її ефективності, інформативності та доцільності практичного застосування на локальних ділянках, де бурились (перебували в процесі буріння або готувалися до буріння) пошукові та розвідувальні свердловини. Результати такого роду демонстраційних досліджень опубліковані в статтях і матеріалах конференцій (Якимчук, Корчагін, 2019, 2020, 2021; Yakymchuk *at al.*, 2024). В 2025 р. проведено апробацію прямопошукових методів в межах Олеської площі на заході України. Результати проведених робіт аналізуються в даному повідомленні.

**Методи досліджень.** Експериментальні дослідження рекогносцирувального характеру проводяться з використанням мало-витратної прямопошукової технології, яка включає модифіковані методи частотно-резонансної обробки супутникових знімків і фотознімків, вертикального електрорезонансного зондування розрізу і методики інтегральної оцінки перспектив нафтогазоносності (рудноносності) пошукових блоків і локальних ділянок (Якимчук *и др.*, 2019). В модифікованих версіях методів частотно-резонансної обробки супутникових і фото знімків, а також вертикального зондування розрізу використовуються існуючі бази (набори, колекції) осадових, метаморфічних і магматичних порід (<https://karpinskyinstitute.ru/ru/info/sprav/petro/petro-mobil.pdf>), мінералів і хімічних елементів. Особливості та потенційні можливості мобільних методів, а також методика проведення вимірювань описані більш детально в (Якимчук, Корчагін, 2019, 2020, 2021; Yakymchuk *at al.*, 2024).

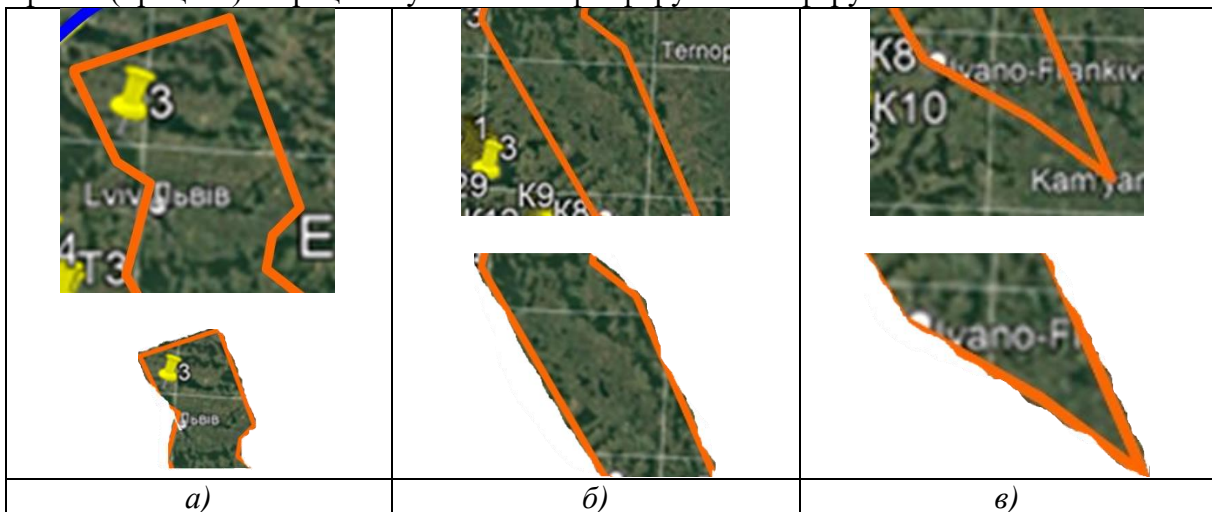
**Результати рекогносцирувальних досліджень.** На сайті («Укрнафта»...) наведена інформація про отримання компанією «Укрнафта» спецдозволу на видобуток сланцевого газу в межах **Одеської площі**. В зв'язку з цим, на Одеській площі із застосуванням прямопошукової технології частотно-резонансної обробки супутникових та фото знімків проведені дослідження рекогносцирувального характеру з метою оцінки перспектив виявлення покладів вуглеводнів (ВВ) в глибинних горизонтах розрізу в традиційних (не сланцевих) колекторах.

Для проведення досліджень контури площі (рис. 1) нанесені (приблизно) на знімок Google Earth (рис. 2), який розбито на три фрагменти (рис. 3). В рекогносцирувальному режимі проведена обробка нижніх фрагментів знімків на рис. 3б, 3в, 3г.

Методичні особливості проведення досліджень з використанням прямопошукових методів охарактеризовані в (Якимчук, Корчагин, 2019, 2020, 2021; Yakymchuk at al., 2024).



В процесі частотно-резонансної обробки супутникового знімка північної ділянки Одеської площі (рис. 3а) в рекогносцирувальному режимі з поверхні зафіксовано спільний сигнал на частотах ВВ, бактерій метаноокислючих, жовтого фосфору і 7-ої групи осадових порід (карбонати, вапняки). Інструментальними вимірами зафіксовані факти (процеси) міграції газу і жовтого фосфору в атмосферу.



**Рисунок 3** Контури північної (а), центральної (б) та південної (в) частин Одеської площі на супутниковому знімку.

Під час частотно-резонансної обробки супутникового знімка центральної ділянки Олеської площі (рис. 3б) в рекогносцирувальному режимі з поверхні зафіксовано спільний сигнал на частотах ВВ, бактерій метаноокислючих, жовтого фосфору і 7-ої групи осадових порід (карбонати, вапняки). Інструментальними вимірами зафіксовані факти (процеси) міграції газу і жовтого фосфору в атмосферу.

**В межах центральної ділянки зафіксовано також сигнали вуглеводнів на глибині їх синтезу 57 км в вулканічному комплексі, заповненому 7-ою групою осадових (карбонатних) порід!**

В процесі обробки знімка південної ділянки Олеської площі (рис. 3в) з поверхні зафіксовано спільний сигнал на частотах ВВ, бактерій метаноокислючих, жовтого фосфору і 7-ої групи осадових порід (карбонати, вапняки). Інструментальними вимірами зафіксовані факти (процеси) міграції газу і жовтого фосфору в атмосферу.

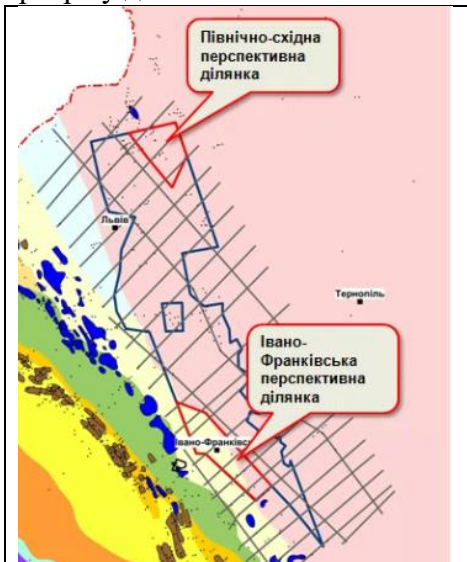
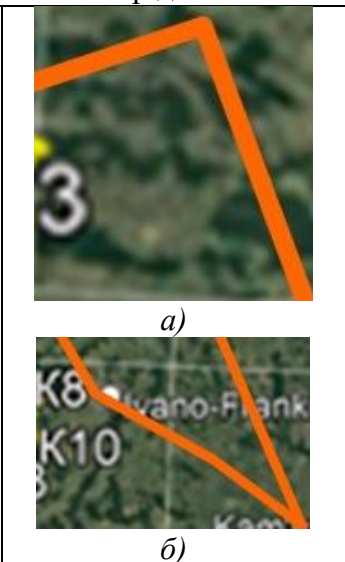

*Короткий коментар.* При проведенні обстеження Олеської площі в інтегральному режимі із реалізацією обмеженої кількості процедур інструментальних вимірів відгуки (сигнали) на частотах (спектрі частот) ВВ в межах всіх трьох ділянок зафіксовані!

На центральній ділянці площі відгуки на частотах ВВ зафіксовані на межі синтезу 57 км в вулканічному комплексі, заповненому 7-ою групою осадових (карбонатних) порід. В вулканах, заповнених вапняками, умови для синтезу ВВ на глибині 57 км існують.

В центральних частинах вулканічних структур, в яких існують умови для синтезу ВВ на глибині 57 км, продуктивні пласти можуть бути зафіксовані також в глибоких та глибинних інтервалах розрізу.

При проведенні детального обстеження Олеської площі, перспективні для буріння свердловин ділянки та площадки можуть бути локалізовані.

Зондуванням (скануванням) розрізу глибини залягання та товщини насичених вуглеводнями пластів можуть бути визначені. Процедура вертикального сканування розрізу дозволяє також визначити типи порід в насичених вуглеводнями пластах.

		
<p><b>Рисунок 4</b> Перспективні ділянки Олеської площі (Петровський та ін., 2025)</p>	<p><b>Рисунок 5</b> Знімки перспективних ділянок площі</p>	<p><b>Рисунок 6</b> Супутниковий знімок центральної ділянки Олеської площі</p>

*Результати додаткових інструментальних вимірювань.* На конференції в м. Львів, в доповіді (Петровський та ін., 2025) запропоновано детальні дослідження проводити в межах Північно-східної та Івано-Франківської (рис. 4) перспективних ділянок Олеської площі. Така пропозиція сформульована за результатами аналізу даних буріння пошукових свердловин в межах площі. Заслухана доповідь спонукала авторів провести додаткові інструментальні вимірювання в межах розміщення

запропонованих ділянок (зондування розрізу в першу чергу). Результати зондування розрізу в межах перспективних ділянок зводяться до наступного.

1. В процесі зондування інтервалу 0-7 км Північно-східної ділянки (рис. 5а), крок 25 см, відгуки (сигнали) на частотах ВВ зафіксовані в двох інтервалах глибин: **430-484 та 2387-2509 м**. А при додатковому скануванні інтервалу **2387-2509 м**, крок 1 см, – **2504.2-2507.65 м (3.45 м)**.

2. При зондуванні інтервалу 0-7 км Івано-Франківської ділянки (рис. 5б), крок 25 см, відгуки (сигнали) зафіксовані в одному інтервалі глибин: **2978-3037 м (59 м)**. А при додатковому скануванні інтервалу **2978-3037 м**, крок 1 см, – в двох інтервалах глибин: **3028.79-3030.4 м (1.51 м); 3033.7-3035.2 м (1.5 м)**. При обробці знімка ділянки (рис. 5б) з поверхні сигнали на частотах ВВ не фіксувались на протязі 150 с вимірювань.

3. При скануванні інтервалу 0-10 км центральної ділянки Олеської площі (рис. 6) з кроком 1 м відгуки на спектрі частот ВВ зафіксовані в **14 інтервалах розрізу**: 1) 246,0-343,0; 2) 450,0-505,0; 3) 676,0-749,0; 4) 980,0-1278,0; 5) 1521,0-1803,0; 6) 1996,0-2074,0; 7) 2322,0-2700,0; 8) 3111,0-3456,0; 9) 3966,0-4156,0; 10) 5021,0-5712,0; 11) 6030,0-6631,0; 12) 7298,0-7893,0; 13) 8255,0-8541,0; 14) 9054,0-9292,0.

Крок сканування 1 м – крупний. В виділених інтервалах розрізу колекторів з ВВ різних товщин може бути декілька.

**Висновки.** Результати рекогносцирувального обстеження прямопошуковими методами трьох ділянок Олеської площі дозволяють констатувати, що детальні геолого-геофізичні роботи з метою вибору майданчиків для буріння пошукових свердловин на початковому етапі досліджень доцільно проводити в межах центральної ділянки площі, на якій сигнали на частотах вуглеводнів (нафта, конденсат, газ) зафіксовані на межі їх синтезу 57 км. Локальні ділянки (площинки) для буріння свердловин в межах площі (центральної ділянки) можуть бути локалізовані під час детального обстеження ділянки прямопошуковими методами і зондування розрізу з дрібним кроком.

В процесі проведення експериментальних досліджень на Олеській ліцензійній площі отримані додаткові свідчення на користь абіогенного (глибинного) синтезу ВВ (нафта, газ, конденсат) в вулканічних комплексах, заповнених вапняками.

#### **Список використаних джерел:**

Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Бахмутов В.Г., Соловьев В.Д. Геофизические исследования в Украинской морской антарктической экспедиции 2018 г.: мобильная измерительная аппаратура, инновационные прямопоисковые методы, новые результаты. Геоінформатика. 2019. № 1. С. 5-27.

Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Технология частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ: результаты практической апробации при поисках полезных ископаемых в различных регионах земного шара. Часть I. Геоінформатика. 2019. № 3. С. 29-51. Часть II. Геоінформатика. 2019. № 4. С. 30-58. Часть III. Геоінформатика. 2020. № 1. С. 19-41, Часть IV. Геоінформатика. 2020. № 3. С. 29-62. Часть V. Геоінформатика. 2021. № 3-4. С. 51-88.

Mykola Yakymchuk, Ignat Korchagin, Valery Soloviev. Universal direct search frequency-resonance technologies for solving structural and exploration geological problems. LAP Lambert Academic Publishing. 24 July 2024. P. 184. Language: English. ISBN-10: 6207652274, ISBN-13: 978-6207652273. <https://my.lap-publishing.com/catalogue/details/gb/978-620-7-65227-3/universal-direct-search-frequency-resonance-technologies-in-geology>

«Укрнафта» видобуватиме сланцевий газ на Львівщині та Івано-Франківщині. <https://delo.ua/news/ukrnafta-vidobuvatime-slancevii-gaz-na-oleskii-dilyanci-shho-na-lvivshhini-444445/>

Петровський Олександр, Петровська Тетяна, Кухар Наталя, Витвицький Ярослав, Закревський Андрій. Перетворення ризику на комерційний успіх: новий підхід до

*Від Мінералогії і Геогнозії до Геохімії, Петрології, Геології та Геофізики:  
фундаментальні і прикладні тренди XXI століття  
12-13 листопада 2025 р., Київ, Україна*

геологорозвідувальних робіт на Олеській ділянці за допомогою 3D гравіметричних вимірювань, геологічно-змістовного спільного розв'язку оберненої задачі та картування комерційних покладів вуглеводнів. X Міжнародна наукова конференція: Геофізика і геодинаміка: прогнозування та моніторинг геологічного середовища. Львів, 30 вересня – 2 жовтня 2025 р.

## АПРОБАЦІЯ МЕТОДІВ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНОЇ ОБРОБКИ СУПУТНИКОВИХ ТА ФОТО ЗНІМКІВ НА ПЛОЩІ БУРІННЯ ПОШУКОВИХ СВЕРДЛОВИН НА ВОДЕНЬ В ШТАТІ КАНЗАС (США)

Якимчук М.А.<sup>1</sup>, Корчагін І.М.<sup>2</sup>, Кремень А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Інститут прикладних проблем екології, геофізики і геохімії, Київ,

[yakymchuk@gmail.com](mailto:yakymchuk@gmail.com)

<sup>2</sup>Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАНУ, Київ, [korchagin.i.n@gmail.com](mailto:korchagin.i.n@gmail.com),

[solvalera@ukr.net](mailto:solvalera@ukr.net)

<sup>3</sup>DGS Sp. z o.o., Варшава, [info@dgs.expert](mailto:info@dgs.expert)

*The results of application the frequency-resonance technology of satellite images and photographs processing and interpretation for reconnaissance survey of a large area and local sites of drilling 11 exploratory wells for natural hydrogen in the state of Kansas (USA) are presented. At 4 local sites with drilled wells, signals at basalt frequencies were not recorded, but at large areas they were detected. The results obtained indicate that at sites with wells the probability of hydrogen deposits detecting in industrial volumes is close to zero. Within local sites, it is proposed to process the images in a detailed mode in order to assess the feasibility of conducting exploratory work and drilling wells for hydrocarbons (oil, gas, condensate). In the process of surveying a large area using direct-prospecting methods in a detailed mode, the position of basalt structures can be localized, and the feasibility of drilling exploratory wells for natural hydrogen may be assessed.*

## TESTING OF FREQUENCY-RESONANCE METHODS OF SATELLITE AND PHOTO IMAGES PROCESSING AT THE AREA OF HYDROGEN EXPLORATION WELLS DRILLING IN THE STATE OF KANSAS (USA)

Yakymchuk M.A., Korchagin I.M., Krzemień A.

**Вступ.** Мобільна прямопошукова технологія частотно-резонансної обробки та декодування супутникових знімків і фотографій (Якимчук *и др.*, 2019) в 2019-2024 роках пройшла апробацію на крупних площах та локальних ділянках, перспективних для виявлення скупчень вуглеводнів, природного водню, рудних корисних копалин та води (Якимчук, Корчагін, 2019, 2020, 2021 2022; Yakymchuk *at al.*, 2024). Результати експериментальних досліджень, проведених в різних регіонах земної кулі, дозволяють стверджувати, що використання супер-мобільної технології для пошуків родовищ горючих та рудних корисних копалин різних типів у поєднанні з традиційними геофізичними методами значно пришвидшить процес розвідки та зменшить фінансові витрати на її реалізацію. В даному повідомленні представлені результати апробації прямопошукових методів на площі буріння свердловин на природний водень та гелій в штаті Канзас (США).

**Методи досліджень.** Експериментальні дослідження проводяться з використанням мало-затратної прямопошукової технології, яка включає модифіковані методи частотно-резонансної обробки та декодування супутникових знімків та фотографій, вертикального електрорезонансного зондування (сканування) розрізу та метод інтегральної оцінки перспектив нафтогазоносності крупних блоків та локальних ділянок (Якимчук *и др.*, 2019). Окремі компоненти використовуваної технології розроблені на принципах «речовинної» парадигми геофізичних досліджень, суть якої полягає в пошуках конкретної (необхідної в кожному випадку) речовини. Розроблені методи базуються на стоячих електричних хвилях, відкритих Ніколою Теслою в 1899 році в глибоких горизонтах Землі (Тесла, 2009; 2010). В модифікованих варіантах

методів частотно-резонансної обробки супутникових знімків та фотографій, а також вертикального зондування (сканування) розрізу використовуються існуючі бази даних (набори, колекції) осадових, метаморфічних та магматичних порід (<https://karpinskyinstitute.ru/ru/info/sprav/petro/petro-mobil.pdf>), мінералів та хімічних елементів. Особливості та можливості використовуваних методів, а також методика проведення інструментальних вимірювань описані в (Якимчук, Корчагин, 2019, 2020, 2021; Yakymchuk et al., 2024).

На відміну від класичних геофізичних, використані методи дозволяють в кожному конкретному випадку наповнювати досліджуваний розріз присутніми в ньому комплексами осадових, метаморфічних та магматичних порід, а також визначити в першому наближенні (та уточнювати на етапах деталізації) інтервали розрізу, перспективні для виявлення горючих та рудних корисних копалин, безпосередньо, в процесі вимірювань (реєстрації сигналів) розробленими приладами та вимірювальними комплексами (тобто без додаткових етапів моделювання та геологічної інтерпретації результатів інструментальних вимірювань). В повідомленні, як і в інших опублікованих матеріалах, увага акцентується переважно на представленні результатів вимірювань.

Зазначимо також, що розроблена технологія використовує частотно-резонансний принцип реєстрації корисних сигналів. Супутникові знімки або фотографії об'єктів дослідження, а також фотографії зразків гірських порід, мінералів та хімічних елементів, є, по суті, пучностями стоячих електричних хвиль, відкритих Ніколою Теслою в 1899 році в глибоких горизонтах Землі (Тесла, 2009; 2010).

Під час проведення інструментальних вимірювань за допомогою розроблених комп'ютеризованих комплексів спектри супутникових або фотографічних зображень досліджуваних об'єктів послідовно порівнюються зі спектрами зразків гірських порід, шуканих мінералів та хімічних елементів. У процесі порівняння вимірювальний блок реєструє резонанси (електромагнітні відгуки), які дозволяють зробити висновок про наявність (відсутність) конкретних гірських порід, шуканих мінералів та хімічних елементів у розрізі об'єкта обстеження. Такі особливості розроблених методів обробки та декодування супутникових знімків є підставою для використання термінів "частотно-резонансна технологія" ("частотно-резонансні методи").

Обробка супутникових знімків та фотографій здійснюється в лабораторних умовах, без організації та проведення польових геолого-геофізичних досліджень. Це дає можливість швидко та оперативно проводити дослідження в будь-якому регіоні земної кулі, а отже, розроблена технологія є супер-мобільною.

Враховуючи рекогносцирувальний характер проведених досліджень, розроблений комплекс окремих процедур обробки супутникових знімків та фотографій не був задіяний у повному обсязі в межах усіх обстежених об'єктів та площ.

**Результати рекогносцирувальних досліджень.** Пошукові роботи та буріння свердловин на природний водень у штаті Канзас проводять компанії Koloma (Koloma...) та НуТерра (НуТерра...). Для оцінки ефективності (працездатності) технології частотно-резонансної обробки супутникових знімків та фотознімків та доцільності її використання при пошуках природного водню виконавцям надано координати 11-ти пошукових свердловин.

Координати розташування свердловин: КОНАКЕ 39.77893, -96.024649; МАСКЕ 39.840465, -96.025392; ВАТНАУЕР 39.581815, -96.907752; CARLSON 39.735391, -96.648705; BALSMEIER 39.756516, -96.770523; STENSTROM 38.812801, -96.768269; DOWNEY 39.131197, -96.335744; DUROCHE 39.162147, -96.443426; BLYTHE 38.818208, -96.78; LARSON 39.525579, -96.952511; CROME 39.931807, -96.751282.

Положення пошукових свердловин нанесено на супутниковий знімок території різної площі (рис. 1). Інструментальні вимірювання (частотно-резонансна обробка) проводилися з використанням підготовлених знімків повністю (рис. 1а, б), а також їх локальних фрагментів з різними свердловинами (рис. 2).

Зазначимо, що обробка підготовлених знімків проводилася в інтегральному (прискореному) режимі з обмеженим набором процедур інструментальних вимірювань. Основна мета проведених досліджень - оцінка перспектив виявлення покладів водню на ділянках розташування пошукових свердловин.

*Результати вимірювань.* У процесі обробки знімка на рис. 1а на глибині 57 км зафіксовані сигнали від 1-6, 8-ї (доломіти), 9-ї (мергелі), 10-ї (кременисті) груп осадових порід, а також 1-ї граніти (старі та молоді) і 6-ї (базальти та габро) груп магматичних порід.

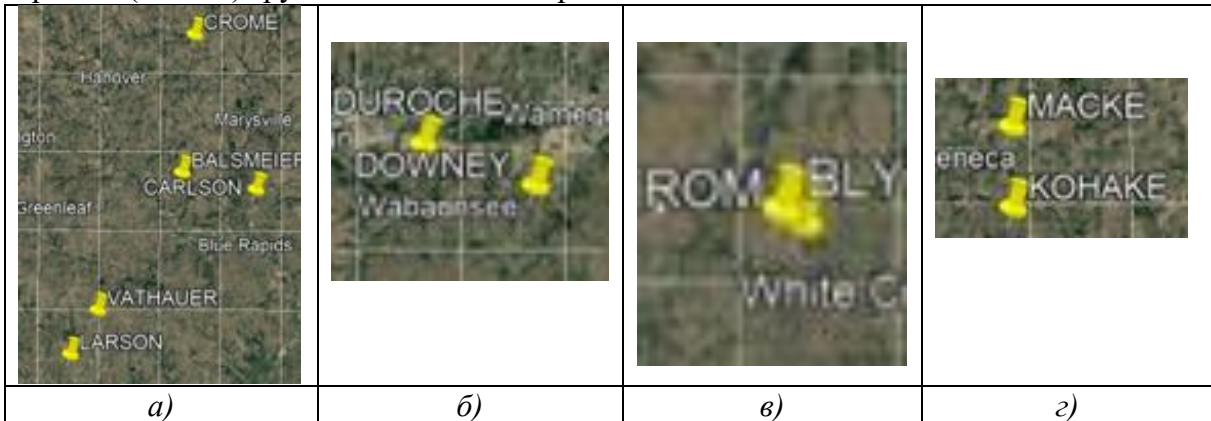
Під час обробки знімка на рис. 1б на глибині 57 км зафіксовані сигнали від солі, 1-6, 7-ї (вапняки), 8-ї (доломіти), 9-ої (мергелі), 10-ої (кременисті) груп осадових порід, а також 1-ої граніти (старі та молоді), 6-ї (базальти та габро) та 11-ї (кімберліти) груп магматичних порід.



**Рисунок 1** Положення 11 пошукових свердловин на природний водень у штаті Канзас (США) на супутникових знімках різної площі (масштабні лінійки 50 км та 100 км).

У процесі обробки знімка на рис. 2а на глибині 57 км зафіксовані сигнали від ВВ (нафта, газ, конденсат), бурштину, 1-6, 8-ї (доломіти), 9-ої (мергелі), 10-ої (кременисті) груп осадових порід.

Під час обробки знімка на рис. 2б на глибині 57 км зафіксовані сигнали від ВВ (нафта, газ, конденсат), бурштину, 1-6, 9-ої (мергелі), груп осадових порід, а також 1-ї граніти (молоді) групи магматичних порід.



**Рисунок 2** Положення 5-ти (а) та 2-х (б, в, з) пошукових свердловин на природний водень у штаті Канзас (США) на супутникових знімках.

У процесі обробки знімка на рис. 2в на глибині 57 км зафіксовані сигнали від 8-ої (доломіти) та 10-ої (кременисті) груп осадових порід. Відгуки від ВВ (нафта, газ, конденсат) фіксувалися до 6400 м з 1-6 (нашльопка) групи осадових порід (псаміти).

Під час обробки знімка на рис. 2г на глибині 57 км зафіксовані сигнали від 9-ої (мергелі) та 10-ої (кременисті) груп осадових порід. Відгуки від ВВ (нафта, газ, конденсат) фіксувалися до 7000 м з 1-6 (нашльопка) групи осадових порід (псаміти).

**Висновки.** На ділянках із пробуреними свердловинами (рис. 2) ймовірність виявлення покладів водню у промислових обсягах близька до нуля. Інформація про видобуток водню в 11-ти пробурених свердловинах відсутня!

На обстежених в інтегральному режимі локальних ділянках (рис. 2) доцільно провести обробку знімків у детальному режимі з метою оцінки доцільності проведення пошукових робіт та буріння свердловин на вуглеводні (нафта, газ, конденсат).

В межах великих площ на рис. 1 інструментальними вимірами на межі 57 км зареєстровано сигнали від базальтів, що свідчить про наявність базальтових вулканічних комплексів в регіоні. Результати масштабної апробації мобільної прямопошукової технології (Якимчук *и др.*, 2019) в різних регіонах земної кулі (Якимчук, Корчагін, 2022; Якутчук *at al.*, 2024) свідчать, що на ділянках розташування базальтових вулканічних структур практично завжди фіксуються сигнали на частотах водню, червоного фосфору на різних інтервалах розрізу (і глибинних, зокрема). В контурах базальтових комплексів фіксуються факти (процеси) міграції водню в атмосферу. В процесі обстеження площ на рис. 1 прямопошуковими методами у детальному режимі положення базальтових структур може бути локалізовано, а також оцінена доцільність буріння пошукових свердловин на природний водень.

В статті (Шестопалов, 2020) аргументується, що на локальних ділянках і площах, в межах яких реалізується синтез ВВ із мігруючих з глибин водню та вуглецю, ймовірність виявлення покладів водню в комерційних обсягах близька до нуля.

На сайті (*Koloma Prepares...*) інформується що компанія Колома готується до буріння свердловини для видобутку природного водню на ліцензійній ділянці в штаті Айдахо (США). Координати ліцензійної ділянки, а також пробуреної свердловини північніше ділянки авторам надіслані. Супутникові знімки для частотно-резонансної обробки підготовлені. Результати обробки будуть зіставлені з матеріалами буріння.

#### **Список використаних джерел:**

Якимчук Н.А., Корчагін І.Н., Бахмутов В.Г., Соловьев В.Д. Геофизические исследования в Украинской морской антарктической экспедиции 2018 г.: мобильная измерительная аппаратура, инновационные прямопоисковые методы, новые результаты. *Геоінформатика*. 2019. № 1. С. 5-27.

Якимчук Н.А., Корчагін І.Н. Технология частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ: результаты практической апробации при поисках полезных ископаемых в различных регионах земного шара. Часть I. *Геоінформатика*. 2019. № 3. С. 29-51. Часть II. *Геоінформатика*. 2019. № 4. С. 30-58. Часть III. *Геоінформатика*. 2020. № 1. С. 19-41, Часть IV. *Геоінформатика*. 2020. № 3. С. 29-62. Часть V. *Геоінформатика*. 2021. № 3-4. С. 51-88.

Якимчук М.А., Корчагін І.М. Прямопошукова технологія частотно-резонансної обробки супутникових знімків і фотознімків: результати додаткових досліджень з метою пошуків скупчень природного водню. *Геоінформатика*. 2022. № 3-4. С. 1-38.

Mykola Yakymchuk, Ignat Korchagin, Valery Soloviev. Universal direct search frequency-resonance technologies for solving structural and exploration geological problems. LAP Lambert Academic Publishing. 24 July 2024. P. 184. Language: English. ISBN-10: 6207652274, ISBN-13: 978-6207652273. <https://my.lap-publishing.com/catalogue/details/gb/978-620-7-65227-3/universal-direct-search-frequency-resonance-technologies-in-geology>

Тесла Н. Патенты. – Самара: Издательский дом «Агни», 2009. – 496 с.

Тесла Н. Статьи. – Самара: Издательский дом «Агни», Москва: Издательский дом «Русская панорама», 2010. – 584 с.

*Koloma*. <https://koloma.com>

HyTerra Ltd (ASX: HYT). <https://hyterra.com/>

Шестопалов В.М. О геологическом водороде. *Геофіз. журнал*, 2020. 42(6), 3-35. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v42i6.2020> (in Russian).

Koloma Prepares First U.S. Geologic Hydrogen Test Wells in Idaho.  
<https://nath2investing.com/article/koloma-prepares-first-us-geologic-hydrogen-test-wells-in-idaho>

## ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНОЇ ОБРОБКИ СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ ДЛЯ ПОПЕРЕДНЬОГО ПРОГНОЗУ ПРОДУКТИВНОСТІ ГЛИБИННИХ ГОРИЗОНТІВ ДЕЯКИХ ДІЛЯНОК ПІВНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ДДЗ

Якимчук М.А.<sup>1</sup>, Корчагін І.М.<sup>2</sup>, Соловйов В.Д.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут прикладних проблем екології, геофізики і геохімії, Київ,

[yakymchuk@gmail.com](mailto:yakymchuk@gmail.com)

<sup>2</sup>Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАНУ, Київ, [korchagin.i.n@gmail.com](mailto:korchagin.i.n@gmail.com),  
[solvalera@ukr.net](mailto:solvalera@ukr.net)

*The results of a reconnaissance survey conducted using frequency-resonance processing of satellite images for separate scanning points in the northern part of DDB (in eastern Ukraine) are presented. The signals at hydrocarbon frequencies were recorded from the surface within all sections. Responses at hydrocarbon frequencies at the boundary of the HC synthesis of 57km were recorded. Sounding of all sections was carried out within the depth interval of 0-10 km to assess the depths of occurrence and thicknesses of hydrocarbon-saturated layers. The results of the sounding, which are preliminary in nature, make it possible to clarify the fundamental question of the presence (or absence) of hydrocarbons at great depths, although determining the more probable depths of occurrence of hydrocarbon horizons requires additional local survey.*

## EXPERIENCE IN USING FREQUENCY-RESONANCE PROCESSING TECHNOLOGY OF SATELLITE IMAGES FOR PRELIMINARY FORECAST OF PRODUCTIVITY OF DEEP HORIZONS IN SOME SECTIONS OF THE NORTHERN PART OF THE DDB

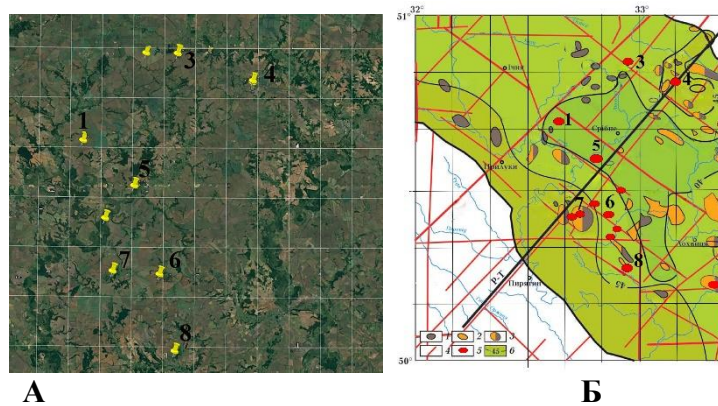
*Yakymchuk M.A., Korchagin I.M., Soloviev V.D.*

**Вступ.** Мобільна технологія частотно-резонансної обробки та декодування супутникових знімків і фотографій (Якимчук, Корчагін, 2019) в 2019-2024 рр. пройшла масштабну апробацію з метою демонстрації її ефективності, інформативності та доцільності практичного застосування на окремих великих площинах і локальних ділянках (Якутчук et al., 2024). В даній роботі розглянуті попередні результати нових досліджень, виконаних на сході України, в районі Срібненської депресії та її оточення (Лукін, Шестопалов, 2021, Лукін, Онушченко, 2024; Усенко, 2022; Анікеєв, Шуровський 2015), а також показані можливості цього методу для принципової попередньої (до буріння свердловин) оцінки перспективності на вуглеводні окремих глибинних горизонтів.

**Методи досліджень.** Експериментальні дослідження рекогносцирувального характеру проводяться з використанням модифікованих методів частотно-резонансної обробки супутникових знімків і фотознімків, вертикального електрорезонансного зондування розрізу і методики інтегральної оцінки перспектив нафтогазоносності пошукових блоків і локальних ділянок (Якимчук, Корчагін, 2019). Особливості та потенційні можливості мобільних методів, а також методика проведення вимірювань описані більш детально в (Якимчук, Корчагін, 2019; Якутчук et al., 2024).

**Результати рекогносцирувальних досліджень.** Територію Лохвицького блоку, значну частину якого складає Срібненська депресія та її оточення (рис.1), досить детально досліджено і описано в цілому ряді публікацій (Лукін, Шестопалов, 2021; Shestopalov et al, 2021; Усенко, 2022; Анікеєв, Шуровський, 2015).

На Рис.1 показано розташування пунктів частотного сканування, результати досліджень яких дозволяють оцінити ймовірну перспективність окремих глибинних горизонтів на наявність вуглеводнів і порівняти їх з відомими даними буріння окремих свердловин (Усенко, 2022).



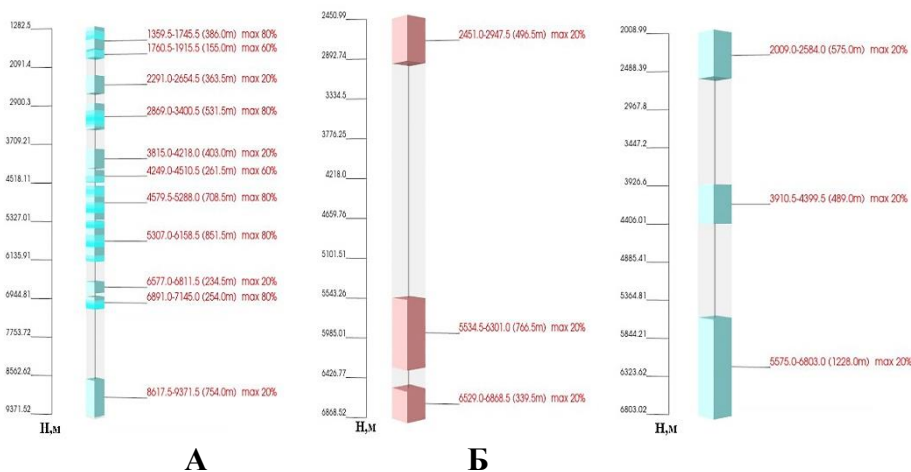
**Рис. 1.** Схематична карти (А, Б) площі обстеження з пунктами сканування (1-8) в Срібненській депресії та її оточенні, за (Усенко,2022, із спрощеннями): 1 – нафтові родовища, 2 – газові родовища, 3 – родовища нафти і газу, 4 – розломи, 5 – пункти частотного сканування, 6 – ізолінії теплового потоку. РТ-профіль ГСЗ Піратин-Талалаївка.

Важливою особливістю тектоніки цього регіону є виразне проявлення розломних зон в граві-магнітних аномаліях (Starostenko et al, 2018). Модельні побудови можуть свідчити про існування на різних глибинах зон розуцільнення порід кори, з якими пов'язують значну кількість виявлених родовищ вуглеводнів Срібненської депресії та всього Лохвицького блоку (Анікеєв, Шуровський, 2015).

Нижче наведені попередні результати частотно-резонансних досліджень для кількох пунктів сканування, виконаних на глибину 6-10км, і які показують принципову можливість прогнозувати виявлення глибинних скупчень вуглеводнів на цій площі.

В процесі частотно-резонансної обробки супутникового знімку великого блоку обстеження (рис. 1) з поверхні зареєстровані сигнали на частотах нафти, конденсату, газу, бурштину, вуглекислого газу, метаноокислюючих бактерій, фосфору (червоного, білого, жовтого), горючих сланців, антрациту, вуглецю, водню та ін.

На поверхні 0 м із приповерхневого шару зафіксовано відгуки на частотах вуглекислого газу, фосфору (червоного, білого, жовтого), водню, кисню, азоту та газу, що свідчить про їх міграцію в атмосферу.



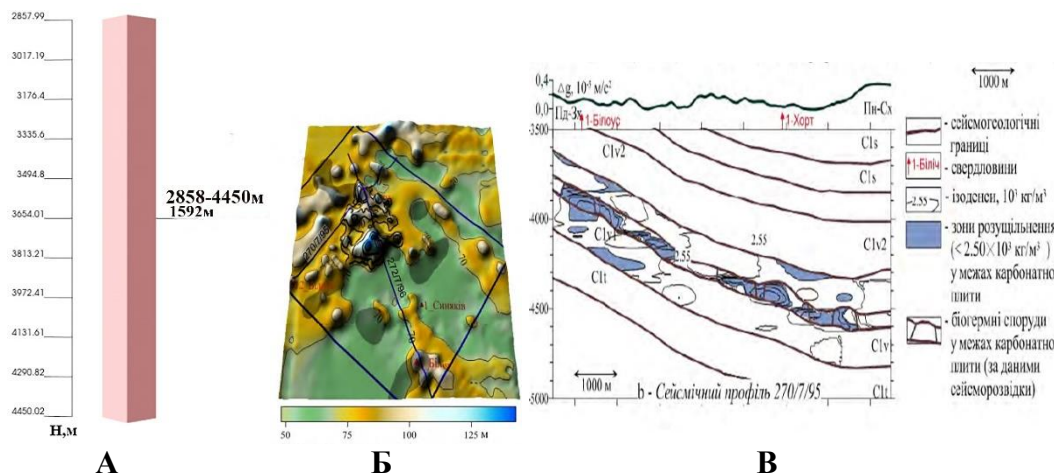
**Рис. 2.** Результати частотного сканування для пунктів 1(А), 3(Б) і 4(В), розташованих в Срібненській депресії та її оточенні (Рис. 1).

Під час сканування розрізу в **пункті сканування 1** в інтервалі 0-10 км з кроком 50 см відгуки на частотах ВВ із **ультрамафічних (7-та група магматичних порід)** зафіксовані в кількох інтервалах глибин. Їх глибини коливаються від 1,36 до 9,4км (рис.2,А).

В **пункті 3** відгуки із **вапняків (7-та група осадових порід)** на частотах ВВ в інтервалі 0-7.5 км зафіксовані на глибинах 2.45-6.67км (рис.2,Б).

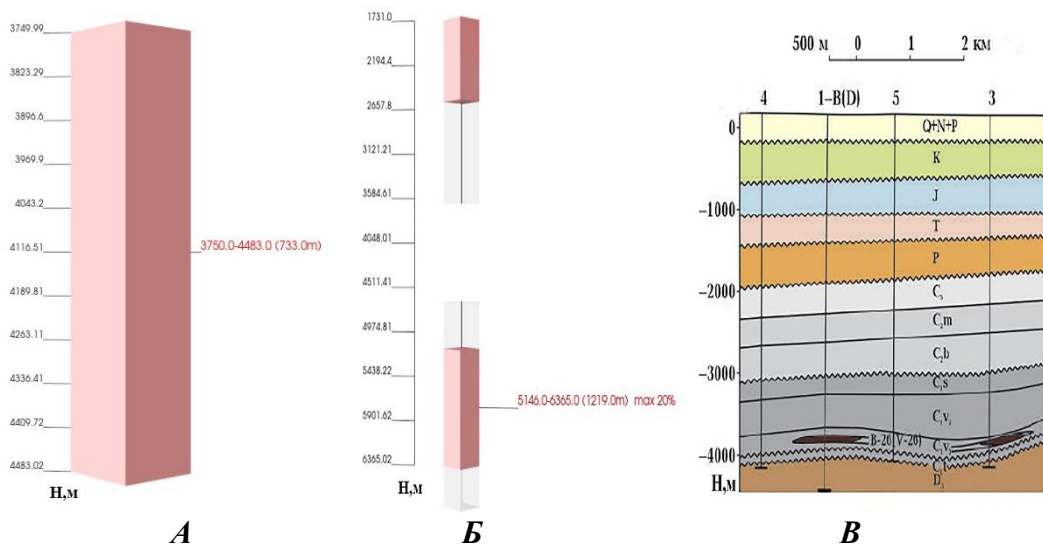
Особливістю частотного сканування розрізу в інтервалі 0-7.5 км в **пункті 4** є отримання сигналів із кременистих порід на частотах гелію (рис. 2,В).

Сканування розрізу в **пункті 6** в інтервалі 0-10 км отримані сигнали на частотах ВВ (рис. 3,А) із вапняків (7-та група осадових порід). Результати попереднього сканування показали принципову схожість для частини розрізу, отриманого раніше за матеріалами моделювання гравіметричних даних. Важливо, що отримані результати частотного сканування можна співставити з положенням зон розущільнення у розрізі глибинних візейських карбонатів (Рис.3,Б,В), які вважаються перспективними на скупчення вуглеводнів (Анікеєв, Шуровський, 2015).



**Рис. 3.** Результати частотного сканування (А) для пункту 6 (Гнідинсько-Білоусівська площа, рис. 2,Б) і результати виділення зон розущільнення в візейських карбонатах (рис. 2,В) за даними гравірозвідки (Анікеєв, Шуровський, 2015).

Скануванням розрізу в інтервалі 0-10 км для **пункту 7** отримані сигнали на частотах ВВ (рис. 4,А) із вапняків, а також із ультрамафічних порід (7-та група магматичних) для іншого, розташованого неподалік, пункту (Рис.4,Б).



**Рис. 4.** Результати сканування (А, Б) для пункту 7 (неподалік родовища Світличне, рис. 4,В), за (Усенко, 2022).

Попередні результати сканування розрізу в пункті 7 показали значну локальну неоднорідність досліджених розрізів і необхідність додаткових досліджень для рішення принципових питань ймовірного глибинного накопичення вуглеводнів.

**Висновки.** Виконані дослідження і показані результати частотно-резонансного аналізу вибіркового пункту сканування, розташованого в Срібненській вулканотектонічній депресії (Дніпровсько-Донецька западина). Отримані дані свідчать про додаткову ймовірність реальної перспективності глибинних горизонтів порід карбону (і девону) на поклади вуглеводнів. Таке припущення підтверджується результатами геофізичних досліджень з виявлення розуцільнень у візейських карбонатах на Гнідинсько - Білоусівській площі.

Окремої уваги заслуговує виявлення в окремих пунктах сигналів водню і гелію, що може бути пов'язаним з існуванням у межах Срібненської структури (Lukin., Onyshchenko, 2024) «великого гібридного гелієво-водневого родовища (групи родовищ), яке являє собою складну газову систему, що включає висхідний потік легких газів».

При проведенні експериментальних досліджень на Срібненській площі отримані додаткові свідчення на користь абіогенного (глибинного) синтезу ВВ (нафта, газ, конденсат). На користь цього свідчать великі глибини вуглеводневих скупчень, де вони формуються в структурах порід (осадових, метаморфічних, магматичних) різного віку за умови існування дегазації глибинних вуглеводневих флюїдів та процесів їх розвантаження в окремих локальних структурах регіону досліджень.

#### **Список використаних джерел:**

- Анікеєв С. Г., Шуровський О. Д. Прогнозування нафтогазоперспективних ділянок у межах південно-західної частини Срібненської депресії Дніпровсько-Донецької западини за даними гравірозувідки. 2015, Геодинаміка, 1(18), С.86-98.
- Лукін О.Ю., Шестопалов В.М. Срібненська кільцева структура (Дніпровсько-Донецька западина) — можливий полігон освоєння водневого потенціалу земних надр. *Допов. Нац. акад. наук Укр.* 2021. № 5. С. 50—60. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2021.05.050>
- Усенко О.В., Усенко А.П. Прояви сучасної дегазації в тепловому потоці та глибинній будові (на прикладі Лохвицького блока Дніпровсько-Донецької западини). *Геофізичний журнал* 2022, Т. 44, № 5, С. 54-76.
- Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Технология частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ: результаты практической апробации при поисках полезных ископаемых в различных регионах земного шара. Часть I. *Геоинформатика*. 2019. № 3. С. 29-51. Часть II. *Геоинформатика*. 2019. № 4. С. 30-58.
- Lukin A.E., Onyshchenko V.O. The threat of helium deficit and Ukraine's possible participation in overcoming it. *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.* 2024. (8): 37—50. <https://doi.org/10.15407/visn2024.08.037>.
- Mykola Yakymchuk, Ignat Korchagin, Valery Soloviev. Universal direct search frequency-resonance technologies for solving structural and exploration geological problems. LAP. 24 July 2024. P. 184. Language: English. ISBN-10: 6207652274, ISBN-13: 978-6207652273. <https://my.lap-publishing.com/catalogue/details/gb/978-620-7-65227-3/universal-direct-search-frequency-resonance-technologies-in-geology>.
- Shestopalov V., Lukin O., Starostenko V. et al. (2021) Prospects for exploration of hydrogen fields in riftogene structures of platforms (the case of the Dnieper-Donets Aulacogene). *Geofizicheskiy Zhurnal*, 43(5), 3-18. DOI: <https://doi.org/10.24028/gzh.v43i5.244038>
- Starostenko V., Janik T., Yegorova T. et al. (2018). Lithospheric structure along wide-angle seismic profile GEORIFT2013 in Pripyat-Dnieper-Donets Basin (Belarus and Ukraine). *Geophysical Journal International*, 212, 1932—1962. <https://doi.org/10.1093/gji/ggx509>.

***Від Мінералогії і Геогнозії до Геохімії, Петрології, Геології та Геофізики:  
фундаментальні і прикладні тренди XXI століття  
12-13 листопада 2025 р., Київ, Україна***

***12-13 листопада 2025 р., Київ, Україна***