

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка
Національної академії наук України

ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА ТА КОРИСНІ КОПАЛИНИ УКРАЇНИ

Матеріали Всеукраїнської молодіжної наукової конференції

(2 жовтня 2023 р.)

Київ — 2023

Національна академія наук України
Відділення наук про Землю
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка
Інститут геологічних наук
Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна
Українське мінералогічне товариство

ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА ТА КОРИСНІ КОПАЛИНИ УКРАЇНИ

Збірник матеріалів
Всеукраїнської молодіжної наукової конференції

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка
Національної академії наук України
2 жовтня 2023 р.

УДК 55(477)

Геологічна будова та корисні копалини України: Збірник матеріалів Всеукраїнської молодіжної наукової конференції (Київ, 2 жовтня 2023 р.). / НАН України, Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка. – Київ, 2023. – 67 с.

У збірнику викладено матеріали доповідей учасників Всеукраїнської молодіжної наукової конференції про сучасний стан та актуальні завдання по вивченню геологічної будови та родовищ корисних копалин України. Узагальнено результати досліджень молодих вчених інститутів Відділення наук про Землю НАН України у таких напрямках: геохімія, мінералогія, петрологія; загальна та регіональна геологія; геологія родовищ металевих та неметалевих корисних копалин; геофізичні методи досліджень, екологічна геологія. Рекомендовано для широкого кола геологів.

UDC 55(477)

Geological structure and mineral deposits of Ukraine: Abstracts of All-Ukrainian Young Scientific Conference (Kyiv, October 2, 2023) / NAS of Ukraine, M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation. – Kyiv, 2023. – 67 p.

The book contains materials of reports by participants of the All-Ukrainian Young Scientific Conference on the current state and actual tasks in the study of the geological structure and mineral deposits of Ukraine. The materials represents generalized results of researches of young scientists of institutes of the Department of Geosciences of NAS of Ukraine in the following fields: Geochemistry, Mineralogy, Petrology; General and Regional Geology; Geology of Deposits of Metallic and Nonmetallic Minerals; Geophysical research methods and Environmental Geology. The book of abstracts is recommended for a wide range of geologists.

Збірник як електронне видання рекомендовано рішенням організаційного комітету конференції (протокол № 3 від 26.09.2023 р.)

Підготовка оригінал-макету та комп'ютерна верстка: І.М. Луньова
Дизайн обкладинки: Є.С. Луньов

Матеріали представлено з незначною редакторською правкою.
Abstract proceedings are issued with insignificant editorial changes.

ISBN 978-966-999-648-2

© Інститут геохімії, мінералогії та
рудоутворення ім. М.П. Семененка
НАН України, 2023

ЗМІСТ

ГЕОХІМІЯ, МІНЕРАЛОГІЯ, ПЕТРОЛОГІЯ

<i>Антоненко Т.С., Снісар В.П.</i> Вплив механічного подрібнення на мінеральну фазу магнетиту в складі залізних руд	4
<i>Гулько В.В.</i> Еволюція циркону в ендербітах Побужжя	7
<i>Дікол О.С.</i> Хімічний склад раковин моллюсків <i>Mytilus</i> як показник глибинних флюїдних потоків на шельфі Чорного моря	10
<i>Ковтун О.В.</i> Кіровоградсько-Бобринецький масив: геологічна будова та склад порід (Інгульський мега-блок Українського щита)	13
<i>Котенко М.С.</i> Мінералого-геохімічні особливості золото-молібденових родовищ Солонянського рудного поля	16
<i>Литвиненко Ю.О.</i> Особливості пегматитів Мокромосковського гранітного масиву	18
<i>Решетник М.М., Шумлянський Л.В.</i> Уран-свинцевий вік цирконів чарнокітів Гайсинського блоку Українського щита	22
<i>Хомич Ю.Є.</i> Метапіроксеніти у розрізі Ганнівського родовища молібдену (Криворізька структура)	25
<i>Vovk K.V.</i> Heavy metals in soils under the influence of Kyiv motorways	28

ЗАГАЛЬНА ТА РЕГІОНАЛЬНА ГЕОЛОГІЯ

<i>Гарасим С.В., Сенів О.Р., Гривняк Г.Б., Тріска Н.Т., Ковальчук Н.А.</i> Особливості тектоніки південно-східної Зони Передкарпатського прогину та суміжної ділянки Волино-Подільської плити	31
<i>Кучер Р.-Д.А., Сенів О.Р.</i> Ємнісно-фільтраційні властивості порід-колекторів та термодинаміка трансформації керогену як інтегральний критерій нафтогазоносності Бориславсько-Покутської зони Передкарпатського прогину	34
<i>Січко І.П., Тузяк Я.М.</i> Колекція зубів тварин ряду <i>Proboscidea</i> Палеонтологічного музею Львівського національного університету імені Івана Франка – наукового об'єкта національного надбання	38

ГЕОЛОГІЯ РОДОВИЩ МЕТАЛЕВИХ ТА НЕМЕТАЛЕВИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН

<i>Ганжа О.А., Крошко Ю.В.</i> Рудна характеристика Мерчикського циркон-титанового родовища	44
<i>Луньова І.М., Луньов Є.С.</i> Значення руд берилію для потреб оборони держави	47
<i>Стародубець К.М.</i> Закономірності розподілу газу радону над родовищами вуглеводнів Дніпровсько-Донецької нафтогазоносної області	51

ГЕОФІЗИКА

<i>Главацький Д.В., Бахмутов В.Г., Герасименко Н.П., Поляченко Є.Б., Черкес С.І., Бончковський О.С., Кравчук І.В., Якушно В.І., Мичак С.В.</i> Магнітна мінералогія лесово-грунтових відкладів Полтавської рівнини	54
<i>Яремій С.О., Пігулевський П.Г., Логвін В.М., Кирилюк О.С.</i> Використання електро-розвідки при побудові гідродинамічної моделі підземних вод	57

ЕКОЛОГІЧНА ГЕОЛОГІЯ

<i>Кошлякова Т.О.</i> Роль водного чинника у формуванні здоров'я споживачів підземних вод та оцінка ризиків виникнення мікроелементозів	61
<i>Сплодитель А.О.</i> Пірогенна деградація ґрунтового покриву Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника	64

ГЕОХІМІЯ, МІНЕРАЛОГІЯ, ПЕТРОЛОГІЯ

УДК (549.517.2+549.731.13+549.057+546.06)

ВПЛИВ МЕХАНІЧНОГО ПОДРІБНЕННЯ НА МІНЕРАЛЬНУ ФАЗУ МАГНЕТИТУ В СКЛАДІ ЗАЛІЗНИХ РУД

Антоненко Т.С., Снісар В.П.

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка
НАН України, м. Київ, Україна, tetyana_savchenko@ukr.net

INFLUENCE OF MECHANICAL GRINDING ON THE MINERAL PHASE OF MAGNETITE IN THE COMPOSITION OF IRON ORES

Antonenko T.S., Snisar V.P.

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation
of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, tetyana_savchenko@ukr.net

The presence of maghemite with magnetite in the studied samples was determined by the thermomagnetic method. The results of quartzite grinding by dry and wet methods differ quite significantly in terms of the extremum intensity on the differential curves at a temperature of 350 °C. In addition, significant differences are observed depending on the pH of the medium in which grinding takes place. The composition of the aqueous medium during ore grinding affects the intensity of magnetite oxidation to maghemite and the transformation of the latter into the weakly magnetic phase of hematite. The addition of the sodium salt of polyacrylic acid significantly counteracts this negative process.

Оксиди заліза у формі магнетиту Fe_3O_4 , гематиту $\alpha-Fe_2O_3$ і маггеміту $\gamma-Fe_2O_3$ є основними носіями магнітних властивостей гірських порід і залізних руд [1, 2]. Зазвичай перші два мінерали легко визначаються макроскопічно і простими методами досліджень, тоді як домішки маггеміту інколи залишаються взагалі неідентифікованими. Так відбувається через те, що кристалічні структури маггеміту і магнетиту відносяться до одного й того ж типу структури оберненої шпінелі, а хімічний склад маггеміту ідентичний складу гематиту. Саме тому традиційні кристалооптичні і рентгенодифракційні методи досліджень мінеральної речовини не завжди дозволяють однозначно ідентифікувати наявність маггеміту в досліджуваному зразку – особливо за умови домінування в ньому більш поширених магнетиту і гематиту. Маггеміт є важливим магнітним мінералом, що може бути у складі залізних руд кварц-магнетитового складу. Це негативно впливає на якість отриманого концентрату при їх збагаченні, оскільки маггеміт-магнетитова рудна суспензія більш схильна до магнітної флокуляції і захопленню нерудних мінералів у концентрат. Отже, метою роботи було встановити присутність в зразках кварц-магнетитового складу маггеміт та визначити вплив механічного подрібнення, що є важливим

етапом отримання концентратів з залізних руд; визначити вплив рН середовища на формування маггеміту в зразку.

В якості зразка для дослідження використали сіро-смугастий магнітний кварцит Єриствівського гірничого-збагачувального комбінату (ГЗК). За рівнем вмісту кварцу ці утворення відповідають магнетитовим кварц-куммінгтоніт-карбонатним породам (сланцям). Вміст рудної компоненти коливається в межах 7-32 %, в середньому – 20 %.

Магнітні характеристики вихідних та отриманих зразків були вивчені методом магнітометрії. Питома намагніченість насичення зразків вимірювалась на пристрої для експресного вимірювання намагніченості руд та магнітних матеріалів [3]. Термомагнітні дослідження виконувалися на пристрої для дослідження перетворень слабомагнітних оксидів і гідроксидів заліза в сильномагнітні та ідентифікації магнітних фаз мінералів [4].

Авторами змодельовано процес подрібнення зразків Єриствівського ГЗК (4Є), використовуючи віброролін Vibrator n. M.V. Ardene з частотою 50 Гц. Час подрібнення – 15 хв. Подрібнення проводили без додавання будь яких реагентів (сухе подрібнення) та з додаванням води, кислоти та лугу (мокре подрібнення з різним рН середовища); до 1 г руди додавали 5 мл розчину.

Питома намагніченість насичення вихідного зразка руди 4Є склала $40 \text{ A}\cdot\text{m}^2/\text{кг}$. Далі, як при сухому так і мокрому подрібненні, спостерігаються суттєві зміни значень питомої намагніченості насичення, вона зменшується до 19-25 $\text{A}\cdot\text{m}^2/\text{кг}$. Це може вказувати, що внаслідок подрібнення магнетиту відбувається часткове його окиснення та поява нової фази – маггеміту.

На термограмі вихідного зразка маємо один інтенсивний пік, що фіксується за температури $\sim 560^\circ\text{C}$. Піків, що могли б вказувати на наявність маггеміту в зразку, в діапазоні температур 250-400 $^\circ\text{C}$ (характерні температури для даного мінералу) не зафіксовано. При сухому подрібненні, методом термомагнітного аналізу, на кривих ДМТА зразка руди 4Є зафіксовано пік за температури $\sim 350^\circ\text{C}$ (рис. 1).

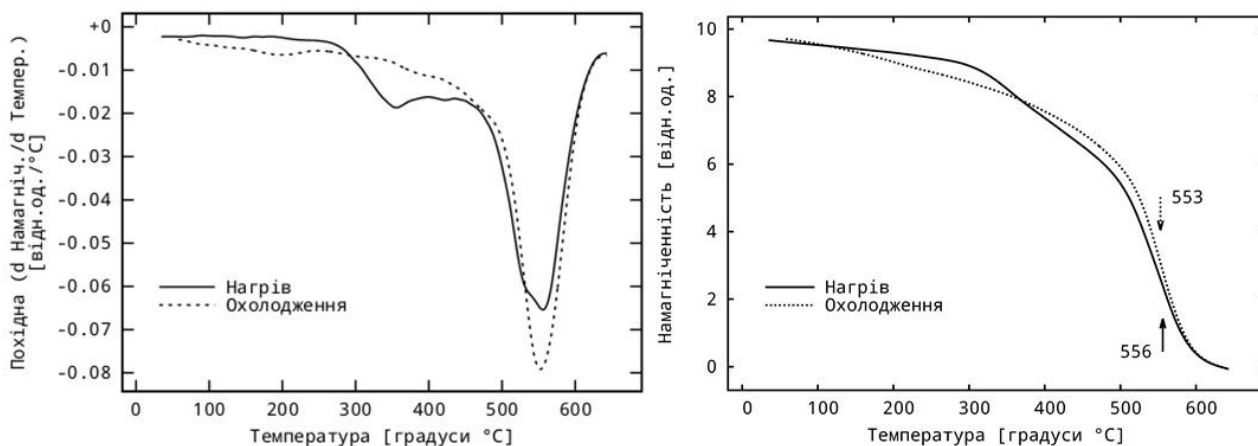


Рис. 1. ДТМА (зліва) і ТМА зразка руди 4Є після сухого подрібнення

Під час подрібнення руди у водному середовищі при різних рН спостерігається підвищення інтенсивності окиснення магнетиту до маггеміту та перетворення останнього в слабomagнітну фазу гематиту. У водному середовищі за нейтрального та лужного рН прояв піку маггеміту майже аналогічний, в кислому – пік маггеміту ще більш інтенсивніший та ширший (рис. 2). Порівнюючи криві ДТМА на рис. 1 і 2 бачимо, що пік при $T \sim 350^\circ\text{C}$ більш достовірно відноситься до збільшення вмісту маггеміту при мокрому подрібненні, а низькотемпературне плече вказує на можливе часткове окиснення поверхні магнетиту. Додавання натрієвої солі поліакрилової кислоти зменшує інтенсивність зафіксованого піку маггеміту (рис. 3). Отримані результати можуть бути корисними при виробництві залізорудних концентратів на гірничо-збагачувальних комбінатах, де залізні руди проходять стадію подрібнення.

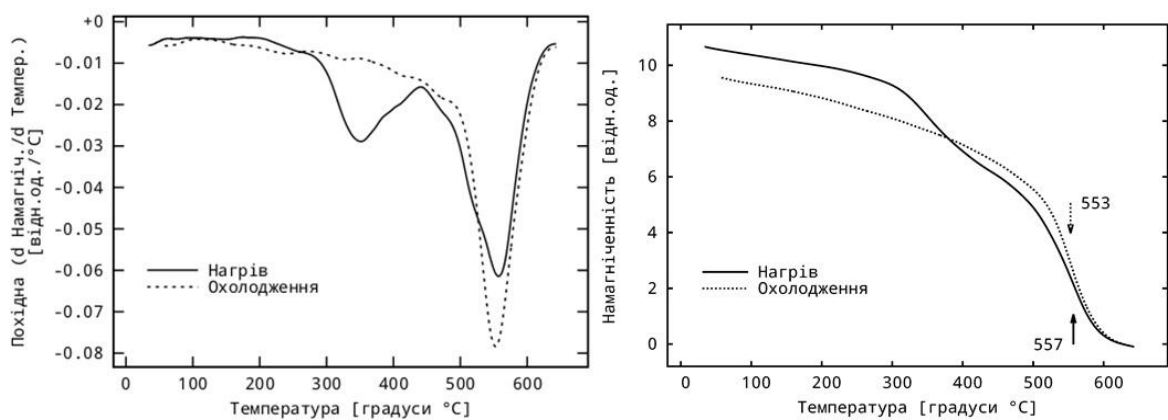


Рис. 2. ДТМА (зліва) і ТМА зразка руди 4Є після мокрого подрібнення в нейтральному середовищі

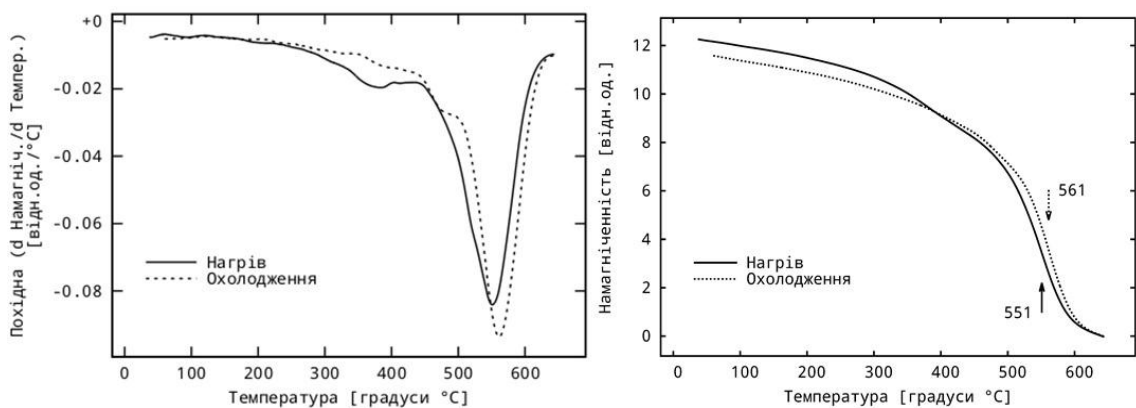


Рис. 3. ДТМА (зліва) і ТМА зразка руди 4Є після мокрого подрібнення з додаванням натрієвої солі поліакрилової кислоти

Отже, термомагнітним методом визначено присутність в досліджуваних зразках маггеміту разом з магнетитом. Результати подрібнення залізного кварциту сухим і мокрим способом досить суттєво відрізняються за інтенсивністю екстремуму на диференційних кривих за температури 350°C .

До того ж спостерігаються суттєві відмінності в залежності від рН середовища в якому відбувається подрібнення. Встановлено, що під час подрібнення руди до тонкої фракції у водному середовищі відбувається часткове окиснення магнетиту, утворення маггеміту і його інверсія в гематит. Склад водного середовища під час подрібнення руди впливає на інтенсивність окиснення магнетиту до маггеміту та перетворення останнього в слабомагнітну фазу гематиту. Додавання натрієвої солі поліакрилової кислоти суттєво протидіє цьому негативному процесу.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Нагата Т.* Магнетизм горных пород. М.: «Мир», 1965 г. 347с.
2. *Нагата Т.* Магнетизм горных пород. М.: «Иностранная литература», 1956 г. 226с.
3. Пристрій для експресного вимірювання намагніченості руд та магнітних матеріалів : пат. 94163 Україна: В03С 1/015, G01N 33/00, G01N 27/72, G01R 33/383. № у 2014 08548; заявл. 28.07.2014; опубл. 27.10.2014, Бюл. № 20.
4. Пристрій для визначення температури Кюрі та ідентифікації магнітних мінералів в рудах та магнітних матеріалах: пат. 97767 Україна: В03С 1/015, G01R 33/383, G01N 33/00. № у 2014 08546; заявл. 28.07.2014; опубл. 10.04.2015, Бюл. № 7.

УДК 550.4 : [549.514.81:552.321] (477)

ЕВОЛЮЦІЯ ЦИРКОНУ В ЕНДЕРБИТАХ ПОБУЖЖЯ

Гулько В.В.

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка
НАН України, м. Київ, Україна, vladimir.gulko@ukr.net

EVOLUTION OF ZIRCON IN POBUZHYA ENDERBITES

Gulko V.V.

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation
of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, vladimir.gulko@ukr.net

The problem of the evolution of the Earth at the early stage of its formation and the emergence of the protocrust, despite the huge amount of data accumulated to date, remains debatable. In solving this problem, the methods of isotope geochemistry and geochronology play an important role, which allow us to estimate the time and duration of crust formation processes. Mineralogical studies of zircons turned out to be no less important. Zircon is one of the most common accessory minerals that are highly informative when solving geological problems. Zircon is the most important mineral for obtaining information about the age of igneous rocks that have undergone repeated structural and metamorphic transformations, as well as for estimating the age of superimposed processes. Zircon is an important mineral not only for dating geological events, but as it has recently become clear, for identifying the genetic essence of the processes in which it occurs. The main advantage of this mineral is its wide distribution in rocks of different composition, resistance to external factors, a relatively high content of radioactive elements that isomorphously replace zirconium in the structure of the mineral and, what is very

important, the lack of affinity to lead, which ensures the radiogenic nature of lead.

Найбільш перспективними об'єктами у рішенні питань еволюції цирконів і виникнення протокори є ранньоархейські породи, тому що вони протягом життя піддаються різним тектоно-магматичним впливам. В них з'являється кілька генерацій циркону, кожна з яких пов'язана із певним етапом геологічної історії її розвитку. Циркони в них стають гетерогенними, Гетерогенність цирконів – явище, швидше за все, обов'язкове, ніж випадкове [2]. Циркони в породах, які зазнали кілька етапів ендегенних перетворень, часто полізональні, представлені цирконом кількох генерацій, що послідовно нарастають одна на одну. У високометаморфізованих породах (починаючи з амфіболітової фації), крім обростання, відзначається новоутворення циркону та (або) його повна перекристалізація. Незважаючи на те, що циркони досить стійкі до температурного впливу в умовах безводних систем, вони помітно піддаються перекристалізації в умовах підвищеного потенціалу лугів і летючих [4], при цьому центральні частини зерен можуть зберігати геохімічну, геохронологічну, мінералогічну інформацію про час і умови формування ранньої генерації циркону. Саме тому зараз все більше досліджують окремі зерна циркону і навіть різні зони одного зерна, які відповідають певному етапу розвитку породи. Інформативним критерієм щодо генетичних типів акцесорних цирконів є Zr/Hf відношення. Для магматичних основних порід це відношення коливається в межах 80-110; для порід середнього складу – 60-80 та кислих – 25-60. Zr/Hf відношення може відрізнитися навіть в межах одного кристалу, що зумовлено складною гетерогенною будовою самих цирконів. Чутливим індикатором середовища кристалізації циркону є також U/Th відношення в цирконах.

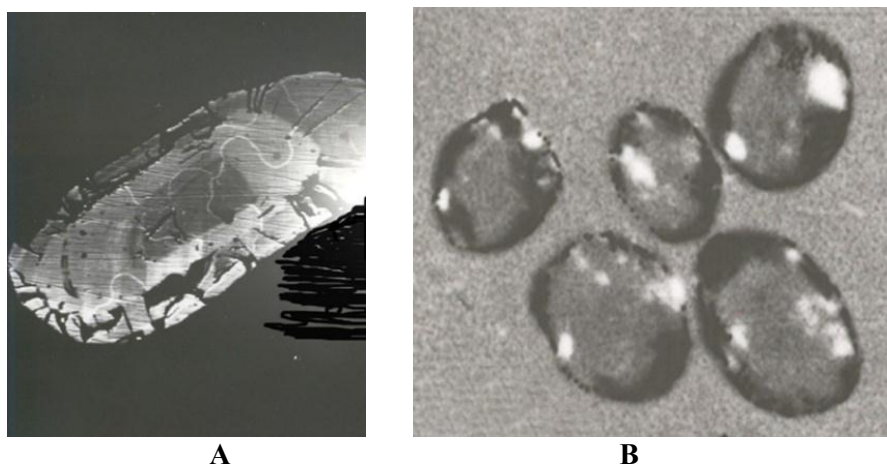


Рисунок 1. Циркони ранньої (А) і пізньої (В) генерації із ендербіто-гнейсів Одеського кар'єру

На рис. 2 показана еволюція Zr/Hf відношення в цирконах від древніх цирконів (3,6-3,78 млрд років) ранньої генерації до молодих (2,8-2,0 млрд років) цирконів пізньої генерації (від А до С). В ядрах древніх цирконів з відношенням $Zr/Hf = 27,4$ присутні домішки U, Y, P [3]. Склад акцесорних

мінералів визначали методом електронно-зондового мікроаналізу на електронно-зондовому мікроаналізаторі JXA фірми JEOL, Японія. Кількісний аналіз виконували методом кореляції ZAF без нормування на останньому етапі ітерацій. Інтенсивності рентгенівських ліній вимірювали при прискорювальній напрузі 15 кВ, струм через образів — 10 нА, діаметрі зонда 1мкм.

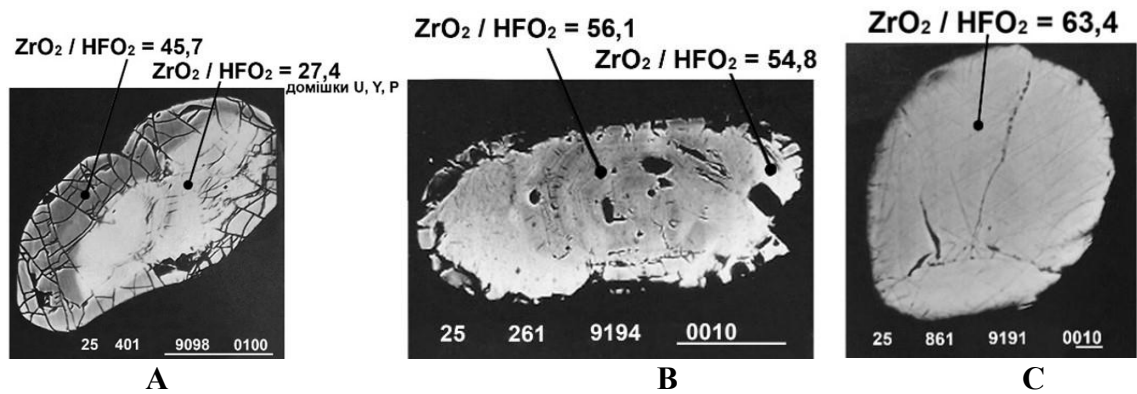


Рисунок 2. Еволюція Zr/Hf відношення в цирконах від древніх (3,4-3,6 млрд р. ранньої генерації до молодих (2,8-2,0 млрд років) цирконів пізньої генерації (від А до С)

У геологічній історії докембрія УЩ на підставі реперних ізотопних датувань, головним чином, цирконів з вулканітів, гранітоїдів та метаосадових порід визначено три великі підрозділи – палеоархей, мезоархей, неоархей. Палеоархей (3,65-3,2 млрд.років) — представлений породами західно-приазовської, аульської, дністровсько-бузької серій метаморфічних порід, новопавлівським і гайворонськими комплексами гранітоїдів [1]. Нижній віковий рубіж палеоархею встановлений за магматичними утвореннями ультрабазит-базит-тоналітової асоціації порід новопавлівського комплексу, а верхній – за ендербітами гайворонського та новопавлівського комплексів. З палеоархеєм пов'язана бідна залізородна мінералізація незрозумілого генезису. Таким чином, палеоархейські утворення встановлені та надійно датовані у Дністровсько-Бузькому та Приазовському мегаблоках. Мезоархей (3,2–2,8 млрд. років). У мезоархеї формуються типові вулcano-плутонічні асоціації граніт-зеленокам'яних поясів.

Мінералогічні і геохімічні дані вказують на те, що «корові» ендербіто-гнейси Середнього Побужжя (ендербіти Літина і Сабарова) належать до одного неперервного розрізу, протолітом яких була однакова за складом еоархейська порода [6]. Процеси перетворення в ендербітах Побужжя відбувалися пульсаційно 3,6-3,4; 3,0-2,8 і 2,1-1,9 млрд років тому. Показано, що ендербіти з позитивними значеннями ϵNd мають ювенільне (мантієне) походження, що підтверджується позитивними значеннями ϵHf . Для ендербітів характерний протерозойський уран-свинцевий вік, отриманий йонно-йонним методом, який співпадає з даними традиційного уран-свинцевого методу. Двопіроксенові і амфібол-двопіроксенові кристалосланці тиврівської товщі, які знаходяться у вигляді ксенолітів серед чарнокітоїдів, як правило, зональні. У різних зонах зональних ксенолітів змінюється не

тільки склад породоутворюючих мінералів, але і акцесорних [5]. На прикладі еволюції акцесорного циркону в зональних ксенолітах показано, що хімічний склад циркону залежить від хімічного складу вміщувальної його породи.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Гаврикова С.Н.* Гранитизация архейских гранулитов // Очерки физико-химической петрологии. М.: Наука, 1982. С. 110-140.
2. *Краснобаев А.А.* Циркон как индикатор геологических процессов. М.: Наука, 1986. 147 с.
3. *Легкова Г.В.* Закономірності зміни складу мінералів з докембрійських порід Українського щита: автореф. дис. д-ра геол. наук. Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України. Київ, 2006. 31 с.
4. *Тарасенко В.Е.* Материалы по петрографии кристаллических пород Южнорусского горста. Тр. Юж. ун-та. 1925. **2**. С. 277-319.
5. *Шумлянський Л.В.* Геохімія піроксенових плагіогнейсів (ендербітів) Побужжя та ізотопний склад гафнію в цирконах. Мін. журнал. 2012. **34**, № 2. С. 64-79.
6. *Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко А.Н., Шумлянський Л.В.* Геохронология раннего докембрия Украинского щита (протерозой). Киев: Наукова думка. 2008. 242 с.

УДК 543.51 553.98 564.124

ХІМІЧНИЙ СКЛАД РАКОВИН МОЛЮСКІВ *MYTILUS* ЯК ПОКАЗНИК ГЛИБИННИХ ФЛЮЇДНИХ ПОТОКІВ НА ШЕЛЬФІ ЧОРНОГО МОРЯ

Дікол О.С.

Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова, м. Одеса, Україна,
Olena.dikol@gmail.com

CHEMICAL COMPOSITION OF *MYTILUS* SHELLS AS AN INDICATOR OF DEEP FLUID FLOWS ON THE BLACK SEA SHELF

Dikol O.S.

Odesa I.I. Mechnikov National University, Odesa, Olena.dikol@gmail.com

An important parameter that characterizes the features of mineral formation in a fluid flow is the chemical composition of mineral formation environment. At the same time, it is known that the most stable information can be stored in biogenic carbonates of benthic organisms' shells. Thus, the study of the detailed chemical composition of the biogenic calcite of *Mytilus* shells showed that their formation involved chemical elements of sea water, fluid flow passing through the earth's crust, and elements which could indicate fluid forming under the conditions of the upper

mantle. The quantitative components of these elements in the shells can show the long history of the development of this fluid and its composition.

Протягом тривалого часу було розроблено основні положення теорії глобального флюїдогенезу [2, 3]. Ці роботи зацікавили автора підійти до генезису вуглеводневих з точки зору глобального флюїдогенезу, але в межах морських акваторій, оскільки тут, на кордоні вода – донний осад, прояви виходів флюїдів зберігаються довше.

Для визначення модельних ознак глибинних флюїдних потоків і аргументації поняття «труба дегазації» (ТГ) була обрана Придніпровська площа, розташована на зовнішньому шельфі Чорного моря.

Відомо, що найбільш стійка інформація про хімічний склад середовища мінералоутворення може зберігатися в біогенних карбонатах раковин придонних організмів [4]. Дані про хімічний склад раковин придонних організмів можливо отримати за допомогою атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою. Даний метод вимагає великих за вагою проб, тому для досліджень були взяті тільки раковини молюсків *Mytilus* через їх відносно великий розмір.

Методика виконання вимірювання встановлює спосіб вмісту домішок та основних компонентів у продуктах. Метод заснований на розчиненні речовини в суміші азотної, хлорводневої та фтористоводневої кислот при температурі не нижче 125° С з наступним визначенням елементів у розчинах атомно-емісійним методом з індуктивно-зв'язаною плазмою.

Для атомно-емісійної спектроскопії було взято 33 проби раковин *Mytilus* наважкою 2-4 гр. з розміром фракції 5-10 мм, які були відібрані в раніше визначеній аномальній ділянці.

В ході аналізу був отриманий кількісний вміст у відсотках наступних елементів: FeO, Fe_{зар.}, Al₂O₃, Al, As, BaO, Ba, CaO, Ca, CdS, CoO, Co, Cr₂O₃, Cr, CuO, Cu, K₂O, K, MgO, Mg, MnO, Mn, MoO₂, Mo, Na₂O, Na, NiO, Ni, P₂O₅, P, PbO, Pb, S, Se, SiO₂, Si, SrO, Sr, TiO₂, Ti, Tl₂O, Tl, V₂O₅, V, ZnO, Zn.

Для початкової інтерпретації результатів аналізу було обрано дані із вмісту наступних хімічних елементів: Na, S, Mg, Sr, Fe, Si, Mn, P, K, Ba, Al, As, Zn, Cu, Ti, Ni, Tl, Pb, Cr, V, Mo, Co, Se.

Елементний хімічний склад кальциту раковин залежить від різних параметрів навколишнього середовища, наприклад: температура, солоність, рН, концентрація іонів та їх хімічної активності [7]. Крім того необхідно враховувати і кристалохімічні особливості кальциту та арагоніту, здатність їх до ізоморфізму та включення неізоморфних домішок [6].

По результатах вивчення літологічної будови ділянки дослідження, формування раковин молюсків відбувалося в мулах та піщаних мулах. Враховуючи, що в хімічному складі карбонатів переважає кальцій, порівняльні оцінки вмісту інших елементів будуть ускладнені. Для пом'якшення цього впливу було розраховано відношення вмісту окремого елементу на вміст кальцію, помноженого на 10⁻⁴ за методикою [5].

Отримання цього відношення для визначених вище елементів в кожній пробі дало змогу виділити закономірність та розгрупувати елементи на три групи з різним кількісним складом.

Перша група **Na, S, Mg, Sr, Fe, Si, Mn, P, K** умовно є макрокомпонентами, які, на думку автора, є класичними ізоморфними домішками, заміщення яких обумовлюється правилом Гольдшмідта [1]. До них відносяться Na, Mg, Sr, Fe, Mn, K. Крім того, до цієї групи входять Si, S і P, присутність яких обумовлена не ізоморфним входженням у структуру карбонату кальцію, а впливом складу середовища мінералоутворення (глинисті мінерали, явища сульфатредукції і т. д.).

Хімічні елементи першої групи характеризуються 100% частотою зустрічаємості, величиною співвідношення елементу Ca в коефіцієнтних значеннях від 30 до 759. Цю групу автори відносять до переважаючих ізоморфних домішок. За кількістю Mg, Sr, в деяких пробах помітно переважання арагоніту над кальцитом. Переважання арагоніту, як вважають [8] пов'язана в основному з фрагментами раковин (*Mytilus* або *Vesicomylidae*), що входять до складу зразків.

До другої групи були віднесені елементи: **Ba, Al, As, Zn, Cu, Ti**. Хімічні елементи другої групи, крім Al, характеризуються 100% частотою зустрічаємості, величиною співвідношення елементу Ca в коефіцієнтних значеннях від 1 до 10. Оскільки As, Zn, Cu відсутній в навколишніх відкладах, автор припускає, що ці елементи можуть привноситись глибинними флюїдами, які насичуються ними при русі через земну кору. Дані елементи можуть бути віднесені до корових індикаторів. Концентрації Ti та Al можуть свідчити про невеликі змінні частки глинистих мінералів з осадових порід, захоплених у процесі формування карбонатів.

До третьої групи увійшли елементи: **Ni, Tl, Pb, Cr, V, Mo, Co, Se**. Частота зустрічаємості цих елементів істотно відрізняється від інших груп. Наприклад: Tl – 61%, Pb – 73%, Se – 21% зустрічаємості в зразках. Вказані елементи можуть бути «відлуннями» процесів сульфатредукції, що проходять паралельно мінералоутворенню, розглянуті як неструктурні домішки в карбонаті. Всі інші елементи зустрічаються з частотою 100 %. Величина співвідношення елементу Ca в коефіцієнтних значеннях коливається від 1 до 0,01. Ці елементи також можуть знаходитись в ізоморфних позиціях при формуванні кальциту раковини, тим самим фіксувати первинний склад флюїду. Можна вважати, що наявність таких елементів як Ni, Cr, Co, V свідчить про склад флюїдного потоку, що бере свій початок в мантії.

Тим самим вивчення детального хімічного складу біогенного кальциту раковин молюсків показує, що в його формуванні брали участь хімічні елементи морської води (ізоморфна група), пов'язані з флюїдним потоком що проходить через земну кору (корова група) та елементи, що можуть вказувати на те, що флюїд міг формуватись в умовах верхньої мантії (мантійна група).

Кількісне співвідношення цих елементів показує тривалу історію розвитку цього флюїду та його склад.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Гольдшмидт В.М.* Кристаллохимия. Л.: Химтеорет. 1937. 62 с.
2. *Наумко І.М.* Флюїдний режим мінералогенезу породно-рудних комплексів України (за включеннями у мінералах типових парагенезисів). Львів, 2006. 53 с.
3. *Наумко І.М.* Мінералофлюїдологія та синтез і генезис природних вуглеводнів у надрах Землі. Геофиз. журн. (Geophys. Journ.). 2020. **42**, № 4. С. 72–96. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v42i4.2020.210673>
4. *Янко В.В., Кадурін В.М., Чепіжко О.В., та ін.* Розробка прогнозних критеріїв пошуків покладів вуглеводнів в Чорному морі на засадах теорії флюїдогенезу. Звіт про науково-дослідну роботу. Одеса: ОНУ, 2021. 180 с.
5. *Cen Y., Wang J., Algeo T.J., Wang Z., Ma X., Chen C.* Methane release effects on foraminiferal tests in northern South China Sea. *Front. Mar. Sci.* 2023. **10**: 1166305. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1166305>
6. *De Nooijer L.J., Spero H.J., Erez J., Bijma J., Reichart G.J.* Biomineralization in perforate foraminifera. *Earth-Science Reviews.* 2014. **135**. P. 48-58. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2014.03.013>
7. *McCrea J.M.* On the Isotopic Chemistry of Carbonates and a Paleotemperature Scale. *J. Chem. Phys.* 1950. **18**. P. 849-857. <https://doi.org/10.1063/1.1747785>
8. *Pierre C., Fouquet Y.* Authigenic carbonates from methane seeps of the Congo deep-sea fan. *Geo-Marine Letters.* 2007. **27**. P. 249-257. <http://dx.doi.org/10.1007/s00367-007-0081-3>

УДК 552.11

КИРОВОГРАДСЬКО-БОБРИНЕЦЬКИЙ МАСИВ: ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА ТА СКЛАД ПОРІД (Інгульський мегаблок Українського щита)

Ковтун О.В.

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка
НАН України, м. Київ, Україна, kovtun85@ukr.net

KIROVOGRAD-BOBRYNETS MASSIF: GEOLOGICAL STRUCTURE AND COMPOSITION OF ROCKS (Ingul megablock of the Ukrainian Shield)

Kovtun O. V.

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation
of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, kovtun85@ukr.net

This article describes the geological structure and petrographic features of the Kirovohrad-Bobrynets massif. Some researchers believe that the Kirovohrad and Bobrynetsky massifs are

different bodies, while others, on the basis of the petrological similarity of the granites of both massifs, consider them as one Kirovohrad-Bobrinetsky massif. The author shares the point of view of researchers who consider the Kirovohrad-Bobrynets massif as a component of a single geological body, called the Kirovohrad-Novoukrainian pluton.

Кіровоградський (Кіровоградсько-Бобринецький за [1, 7] масив витягнутий з півночі на південь на 80 км при ширині від 10 км на півночі до 25 км на півдні. При цьому власне Кіровоградський масив простягається на 50 км вздовж східного контакту Новоукраїнського масиву, на півдні змикається з Бобринецьким масивом, що має площу 385 км². Кіровоградський масив являє собою тіло, що згідно залягає серед порід, що його вміщують та оточений мігматитами та гнейсами. Порфіроподібні граніти складають його центральну частину та займають близько половини його площі [1, 7]. Бобринецький масив складений переважно порфіробластичними гранітами і мігматитами, в північно-східній частині присутні середньозернисті біотитові граніти, рідше гранат-біотитові їх різновиди [2, 3].

Кіровоградські граніти мають ультраметаморфічний генезис і сформувалися за рахунок метаморфічних порід інгуло-інгулецької серії [4, 7]. Окрім Кіровоградсько-Бобринецького масиву граніти кіровоградського комплексу складають як ряд крупних масивів – Долинський, Вознесенський, Чигиринський та ін., так і невеликі, переважно конформні, тіла серед метаморфічних порід інгуло-інгулецької серії. Серед кіровоградських гранітів розрізняють два головних петротипи: 1) порфірові біотитові, гранат-біотитові та роговообманко-біотитові граніти «кіровоградського типу», та 2) рівномірнотзернисті граніти так званого житомирського типу, які мають схожий склад і часто поступові контакти з порфіровими гранітами. Поширеними є жильні утворення, насамперед апліти й апліт-пегматоїдні граніти, які подекуди складають цілі поля, нерідко є домінуючим петротипом в невеликих масивах (антиклінальних підняттях), наприклад Криничувацький, Лисогірський масиви та ряд ін.

Одні дослідники [2, 3] вважають, що Кіровоградський та Бобринецький масиви складають різні тіла, інші [1, 7] на підставі петрологічної подібності гранітів обох масивів розглядають їх як один Кіровоградсько-Бобринецький масив було. Ми поділяємо точку зору К. І. Свешнікова з співавторами [6], які розглядають Кіровоградсько-Бобринецький масив як складову єдиного геологічного тіла, під назвою Кіровоградсько-Новоукраїнський плутон. Цьому висновку не суперечать результати 3d моделювання магнітного поля цього регіону [5].

Наразі ми дослідили граніти, розкриті Цибулівським, Знам'янським (с. Суботці) та Соколівським (Інгульським) кар'єрами (Кіровоградський масив) та Живанівським і Бобринецьким закинутими кар'єрами (Бобринецький масив), а також в ряді природних та штучних (виїмки автодоріг) відслоненнях.

Цибулівський кар'єр розташований на лівому березі р. Інгулець поблизу с. Цибулево.

Граніти добре відслонені лише в північно-східному борту кар'єра і представлені світло-сірими переважно нерівномірнозернистими, на окремих ділянках неяснопорфіроподібними біотит±гранат гранітами. Граніти мають масивну, на окремих ділянках смугасту текстуру, обумовлену нерівномірним і лінійним розподілом кварцу, біотиту і, подекуди, гранату.

Знам'янський кар'єр знаходиться на лівому борту долини р. Аджамка. Кар'єром розкрита сильно гранітизована гнейсова товща, представлена переважно дрібнозернистими біотитовими гнейсами, які розсічені жилами крупнозернистих гранітів, апліто-пегматоїдних гранітів, зрідка пегматитів.

Інгульський кар'єр, розташований на правобережжі р. Сугоклея (Соколівський район, м. Кропивницький). Кар'єром розкриті типові порфіроподібні граніти кіровоградського типу. Граніти біотитові, ділянками гранат-біотитові, світло-сірі в нижніх уступах, рожеві на верхньому. Гранітам характерні широкі варіації вмісту біотиту та гранату, що вірогідно обумовлено неоднорідною (шаруватою) будовою товщі, яка в результаті гранітизації (ультраметаморфізму) була трансформована в граніти, але через не повне (часткове) плавлення не була гомогенізована.

На декількох локальних ділянках розвинені рожеві крупнозернисті граніти збагачені гранатом, при цьому зерна гранату досягають 2-3 см, тоді як основній масі гранітів їх розмір не перевищує декількох міліметрів.

Живанівський кар'єр розташований на лівому березі р. Сугоклея на західній околиці села Живанівка. Кар'єром розкриті порфіроподібні граніти (кіровоградський тип), для яких характерні широкі варіації вмісту біотиту, на окремих ділянках його вміст доходить до 20%. Подекуди у вигляді шлірів трапляються виокремлення чорного кварцу і біотиту. Зрідка трапляються січні прожилки (біля 2-5 см) більш крупнозернистого гранітну (кварц+польові шпати) ніж основна маса гранітів. Такі прожилки зрізають порфірові вкрапленики польових шпатів, а також шліри, збагачені біотитом.

В західному борту кар'єра відслонено лінзоподібне тіло пегматиту (пегматоїдного граніту) (потужністю біля 1 м) та декілька майже горизонтальних апофіз.

Бобринецький кар'єр розміщується за 5 км на південний захід від м. Бобринець на південному березі р. Сугоклея. Кар'єром розкриті переважно порфіроподібні граніти, схожі до гранітів Живанівського кар'єру. Характерною особливістю гранітів цього кар'єру є наявність елементів директивних структур, а також варіативність вмісту біотиту. Подекуди в гранітах наявні тонкі (2-4 см до 40 см) більш крупнозернисті виокремлення, порівняно з основною масою граніту. В західному борту спостережена жила пегматиту, потужністю біля 40 см.

В більш меланократовому (збагаченому біотитом) різновиду граніту поширені поодинокі шліроподібні релікти (?) біотитового гнейсу, які лише в окремих випадках досягають товщини 0,5-1 см.

Північно-західніше м. Бобринець, в дорожній виїмці траси Бобринець - Кропивницький, перед залізничним мостом, відслонені досить звітрені порфіроподібні граніти, схожі до гранітів, розкритих Бобринецьким кар'єром.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гранитоидные формации Украинского щита / Щербаков И.Б., Есипчук К.Е., Орта В.И. и др. К.: Наук. думка, 1984. 192 с.
2. Державна геологічна карта України. М-б 1:200 000. Центральноукраїнська серія. Аркуш М-36-XXXIII (Кіровоград). К.: УкрДГРІ, 2007. Пояснювальна записка. 102 с.
3. Державна геологічна карта України м-бу 1:200 000. Аркуш М-36-XXXII (Новоукраїнка). К.: УкрДГРІ, 2001. Пояснювальна записка. 119 с.
4. Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита / Єсипчук К.Ю., Бобров О.Б., Степанюк Л.М. та ін. Київ, УкрДГРІ, 2004. 30 с.
5. Пашкевич И.К., Бакаржиева М.И. 3D магнитная модель Корсунь-Новомиргородского плутона и Новоукраинского массива и ее геологическая интерпретация. Геофиз. журн. 2013. **35**. № 4. С. 115-126.
6. Свешников К.И., Гасанов, Гожик А.П. и др. Объемы и возрастная последовательность гранитоидных формаций южной части Ингуло-Ингулецкого района. Геол. журн. 1991. № 1. С.84-92.
7. Щербаков И.Б. Петрология Украинского щита. Львов: ЗУКЦ, 2005. 366 с.

УДК 553.411.071 + 553.462 (477.63)

МІНЕРАЛОГО-ГЕОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗОЛОТО-МОЛІБДЕНОВИХ РОДОВИЩ СОЛОНЯНСЬКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

Котенко М.С.

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка
НАН України, м. Київ, Україна, kmsoae@gmail.com

MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL FEATURES OF THE GOLD-MOLYBDENUM DEPOSITS OF THE SOLONE ORE FIELD

Kotenko M.S.

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation
of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, kmsoae@gmail.com

Briefly characterized mineralogical and geochemical features of the complex gold-molybdenum deposits of the Solonye ore field, which occupies the southern part of the Sura greenstone structure in the Middle Dnieper megablock of the Ukrainian shield. Indicated the rock-forming minerals of ore-bearing rocks, the shape and size of the main ore minerals and the minerals with which they are associated with. Useful impurities in molybdenites are also indicated, which significantly increase the investment attractiveness of the deposit.

Середньопридніпровський мегаблок Українського щита є типовою граніт зеленокам'яною структурою та має виразну металогенічну спеціалізацію на золото. В його межах знаходяться низка родовищ, зокрема родовища Сергіївське та Балка золота, які належать до Солонянського рудного поля, що займає південну частину Сурської зеленокам'яної структури. Обидва родовища є комплексними золото-молібденовими, при чому рудна мінералізація золота поступово просторово спочатку переходить в золото-молібденітову, а потім у власне молібденітову мінералізацію [2].

Рудовмісними породами Солонянського рудного поля є metabazati та меншою мірою, метадацити і метатоналіт-порфіри. Рудні тіла розташовуються переважно в інтенсивно розсланцьованих, метасоматично змінених породах. Головними нерудними мінералами є кварц, карбонат, польовий шпат, хлорит. У меншій кількості наявні амфібол, біотит, серицит, епідот, а також акцесорні ільменіт, апатит, сфен, циркон, монацит, турмалін, рутил, силіманіт тощо [1, 3, 4].

Золото перебуває в парагенетичній асоціації з кварцом, карбонатом і сульфідами (піритом, халькопіритом, арсенопіритом), дуже рідко – молібденітом. Виділення золота мають зазвичай неправильну й грудкоподібну форму з гострими або заокругленими краями, рідше – шкаралупоподібну, пластинчасту, таблитчасту, паличкоподібну та розмір від 0,01–0,05 мм до 0,55 мм. Іноді дрібні зерна утворюють слабо зцементовані агрегати, які розпадаються на ще дрібніші золотинки. Золото різнопробне – від 550 до 930 при перевазі високих проб. За даними мінералогічного і технологічного дослідження руд основний обсяг золота (85-90%) знаходиться у вільному стані. Морфологія виділень золота обумовлена морфологією тріщин і пустот, які воно виповнює. Відмічаються як ізометричні, каплеподібні форми, так і дуже складні неправильні до дендритоподібних виділення. У жильному карбонат-кварцовому матеріалі золото спостерігається у вигляді окремих дрібних (не більше 0,5-1,0 мм) інтерстиційних неправильних гнізд або їхніх скупчень розміром до 0,5-1,0 см у поперечнику. Розмір виділень у зростках із сульфідними мінералами не перевищує 0,1 мм. Найчастіше зустрічаються зерна золота розміром у тисячні – перші соті частки міліметра [2, 3, 4].

За даними геолого-пошукових робіт виділено два основні мінеральні різновиди молібденових руд: 1) кварц-молібденітовий; 2) кварц-сульфідно-золото-молібденітовий. Продуктивну мінералізацію супроводжують пірит, халькопірит, магнетит, рідше виявляються піротин, арсенопірит, шееліт, сфалерит, мінерали вісмуту, срібла, телуру. Такі мінерали, як арсенопірит, телуриди вісмуту й срібла, самородний вісмут розглядаються як пошукова ознака золотого зруденіння. У кислих субвулканітах молібденіт розвивається в зальбандах кварцових прожилків, де представлений мономінеральним агрегатом мікролусок, розмір яких не перевищує 450-600 мкм. Іноді прихованокристалічні агрегати мінералу виповнюють мікротріщини з переходом в гніздоподібні скупчення лусок завдовжки до 350 мкм. У зонах

брекчіюваних порід мінерал часто облямовує окремі зерна альбіту. У метабазитах молібденіт представлений лускуватими скупченнями та агрегатами, інколи лінзо- та гніздподібною форми, які приурочені до кварцових і карбонат-кварцових прожилків. Лінзи орієнтовані згідно з простяганням прожилків; окремі луски в одних випадках підпорядковуються видовженню лінз, в інших – розміщуються хаотично. Розмір окремих лусок не перевищує 700-800 мкм. За наявності інших сульфідів молібденіт утворює зростки з халькопіритом, тоді як з піритом він зазвичай просторово розмежується. Трапляються випадки заміщення халькопіриту молібденітом вздовж тріщин або виповнення в ньому мікротріщин. В асоціації з молібденітом зазвичай наявні пірит і халькопірит, рідко – золото, піротин, телуриди, шееліт та інші рудні мінерали. Відмічаються домішки ренію та осмію в молібденітах, що значно підвищує інвестиційну привабливість родовищ. Вміст ренію може становити від 93,8 до 229,5 г/т, вміст осмію в молібденітових концентратах змінюється від 0,8 г/т до 277,77 г/т і в середньому становить 51,66 г/т [2, 3, 4].

ЛІТЕРАТУРА

1. Бобров О.Б., Сукач В.В., Малых М.М., Цыма М.Т., Монахов В.С., Абдельхак Е.А., Маслянка Т.Б. Геология и структура золоторудного месторождения Балка Золотая (Среднее Приднепровье). Відом. Акад. гірн. наук України. 1997. № 4. С. 67—74.
2. Сукач В.В., Рязанцева Л.О. Комплексні золото-молібденові родовища та рудопрояви в зеленокам'яних поясах Середнього Придніпров'я Українського щита // Мінеральні ресурси України. 2018. № 2. С. 3—9. <https://doi.org/10.31996/mru.2018.2.3-9>
3. Сукач В.В., Рязанцева Л.О., Сьомка В.О., Бондаренко С.М. Молібденова мінералізація Сергіївського Au-Mo родовища (Середнє Придніпров'я, Український щит). Мінеральні ресурси України. 2020. № 1. С. 3—11. <https://doi.org/10.31996/mru.2020.1.3-11>
4. Сукач В.В., Рязанцева Л.О., Бондаренко С.М., Котенко М.С. Мінералізація молібдену комплексного Au-Mo родовища Балка Золота (Середнє Придніпров'я, Український щит). Мінерал. журн. 2022. 44. № 4. С. 125—139. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.44.04.125>

УДК 552.322.2:552.086 (477.64)

ОСОБЛИВОСТІ ПЕГМАТИТІВ МОКРОМОСКОВСЬКОГО ГРАНІТНОГО МАСИВУ

Литвиненко Ю.О.

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка
НАН України, м. Київ, Україна, ulitvi@gmail.com

PECULIARITY OF MOKROMOSKOVSKIY GRANITE PLUTON PEGMATITES

The Mokromoskovkyi granite pluton is located on the eastern of Zaporizhzhia. There are three magmatic phases of granites: the first phase is light gray medium-grained granites, and the second is light gray medium-fine-grained granodiorites. The third magmatic phase is pegmatites and aplites. The granite contains numerous pegmatite veins. Pegmatites are observed in and outside the pluton in host rocks. An increase in the number of pegmatite veins is observed in the near-contact zones of the pluton. By mineral composition, biotite-quartz-microcline-oligoclase, muscovite-quartz-microcline-oligoclase, and muscovite-quartz-albite-microcline varieties are distinguished in the pegmatite veins. There are zonal and azonal veins. Pegmatites of the Mokromoskovkyi pegmatite field reveal elevated values of tantalum, niobium, lithium, rubidium, and cesium.

Мокромосковський гранітний масив, розташований на східній околиці м. Запоріжжя, містить численні пегматитові жили. Масив сформувався протягом трьох фаз вкорінення. Перша фаза – світло-сірі середньозернисті граніти, друга – темно-сірі середньо-дрібнозернисті гранодіорити. І третя магматична фаза – пегматити та апліти [1, 2].

Пегматити, пов'язані з Мокромосковськими гранітами спостерігаються як в межах масиву, так і за його межами у вмисних породах. Збільшення кількості пегматитових жил спостерігається в приконтактних зонах масиву. За мінеральним складом серед пегматитових жил виділяються біотит-кварц-олігоклазові, біотит-кварц-мікроклін-олігоклазові, мусковіт-кварц-мікроклін-олігоклазові та мусковіт-кварц-альбіт-мікроклінові різновиди [4].

Зона мусковітових пегматитів виділяється в південному, південно-східному та південно-західному ендоконтактах. В південному та південно-західному екзоконтактах пегматитові жили зустрінуті у вмисних породах та утворюють Мокромосковське пегматитове поле.

В центральній та північній частині Мокромосковського масиву зустрінуті біотитвмісні пегматити. Біотит-кварц-мікроклін-олігоклазові пегматити представлені дрібними зональними та азональними жильними тілами потужністю до 1 м. Поширені вони майже виключно в середині масиву на ділянках, складених біотитовими відмінами гранітів Мокромосковського масиву.

Зональність жил, зустрінутих в кар'єрі Новому Янцівського родовища така: зовнішня зона, майже повністю складена з дрібно-середньокристалічного біотиту та центральна зона, що складається з великих зерен (1-5 см) мікрокліну, олігоклазу, кварцу та біотиту. Іноді в таких жилах спостерігається кварцова крупнокристалічна зона в середині. В Янцівських кар'єрах та в Мокрянському-3, а також в природних відслоненнях спостерігаються азональні пегматитові жили. Вони складені великими зернами мікрокліну, олігоклазу, кварцу та біотиту. Потужність пегматитових жил коливається від сантиметру до метра. Форма пегматитових жил зазвичай

вигнута, часто з розгалуженнями. Азональні жили пересікають зональні, тобто азональні пегматити є більш молодими утвореннями. У біотитових гранітах внутрішнього масиву визначено сильну позитивну геохімічну спеціалізацію на Mo, Li, Cr, позитивну – на Bi, Ni, Pb, Cu, Ba, негативну – на Ag, Mn, P [3].

В південній та західній частині масиву проявлена грейзеназація, що спричиняє наявність двослюдяних та мусковітових гранітів. Для цих гранітів характерна позитивна спеціалізація на Li, Co, Sn та негативна на Mn і P [3].

Мокромосковське пегматитове поле простягається з півночі на південь, в приконтатовій зоні Мокромосковського масиву та вмисних породах дніпропетровського комплексу, аульської, білозерської та конської серій [4]. Пегматити в межах поля поширені досить нерівномірно, утворюють окремі скупчення – вузли. Виявлені три пов'язані з Мокромосковським масивом вузли: Веселий, представлений мусковіт-польовошпатовими пегматитами; інші два вузли умовно рідкіснометалевих та рідкіснометалевих мусковіт-польовошпатових пегматитів: Новостепнянський та Благовіщенський [3].

Мусковіт-кварц-мікроклінові, мусковіт-кварц-олігоклаз-мікроклінові та мусковіт-кварц-альбіт-мікроклінові пегматити, які є головними складовими пегматитового поля, поширені в екзо- та ендоконтатових зонах масивів мусковітових та мусковіт-біотитових гранітів Мокромосковського інтрузиву. Ці пегматити виявлено у великій кількості відслонень по р. Мокра Московка, їх розкрито низкою свердловин під час геолого-зйомочних робіт та в численних відслоненнях [3].

Серед гранітів і вмисних метаморфічних утворень розвинуті, пегматити мусковіт-кварц-олігоклазові, мусковіт-кварц-мікроклін-олігоклазові різнозернисті з шліроподібними виділеннями крупно-гігантокристалічних відмін. Пегматити Мокромосковського поля білі, рожевувато- й жовтувато-зеленкувато-сірі. За мінеральним складом вони мінливі, %: плагіоклаз (олігоклаз+альбіт) – 30–55; мікроклін – 15–40; кварц – 25–60; мусковіт – 5–30; акцесорні – колумбіт, циркон, титаніт, гранат, магнетит, апатит, рідше монацит і турмалін. Зустрінуті зональні та азональні пегматити. Зональні пегматитові жили досліджені у великому скельному відслоненні: серед значної кількості дрібних жил простежуються окремі більші тіла зональної будови. В них можна виділити три зони: I – пегматоїдного граніту мусковіт-кварц-мікроклінового складу; II – письмового граніту; III – блокового пегматиту кварц-мікроклінового складу. Трапляються також дрібні жили з чіткою зональністю [3].

У відслоненні на Мокрій Московці в межах цього ж вузла серед середньозернистих мусковітових гранітів розвинуті дрібні (20–30 см) жили зональної будови. В них зафіксовано зону пегматоїдного гігантозернистого граніту та центральну зону блокового кварцу. В окремих жилах центральна зона кварцу сильно розвинута – займає до 50 % їхньої потужності. В пегматитах вміст мусковіту подекуди досягає 30 %. У районі с. Веселе, у відслоненні серед кристалічних порід, представлених сірими двослюдяними

гранітами, спостерігається значна кількість пегматитових жил і гнізд. Потужність жил досягає 2–3 м, протяжність – десятки метрів. Пегматитові жили азональні, кварц-мусковіт-польовошпатові. Вміст мусковіту в них становить 15–30 %, середній розмір лусочок мусковіту – 5×5 см [3].

В пегматитах Мокромосковського пегматитового поля зустрінуті підвищені вмісти танталу та ніобію [4]. Найвищий вміст танталу виявлений у пегматитових жилах південно-східного ендоконтакту Мокромосковського масиву – 0,005 %, в асоціації з ніобієм – 0,009 %, з літієм – 0,065 %, рубідієм – 0,050 %, цезієм – 0,005 % [3].

Висновки:

1. Пегматитові жили зустрічаються повсюдно в межах Мокромосковського масиву, але кількість жил в крайових частинах масиву зростає в порівнянні з центральною частиною.

2. Пегматити, пов'язані з Мокромосковським масивом також зустрічаються у вмісних породах аульської, білозерської та конської серій, дніпропетровського комплексу переважно в південно-східному екзоконтакті масиву.

3. Зустрічаються біотитвмісні та мусковітвмісні пегматити. Тип жил залежить від складу гранітів, в яких вони зустрінуті: у біотитових гранітах зустрічаються біотитовмісні пегматити, в двослюдяних та мусковітових гранітах зустрічаються мусковітовмісні пегматити.

4. Біотитвмісні пегматити зустрінуті майже виключно в середині масиву.

5. Мусковітовмісні пегматити знайдені як в приконтактних зонах плутону, так і у вмісних породах, ці пегматити утворюють Мокромосковське пегматитове поле.

6. В межах Мокромосковського пегматитового поля виявлені три вузли пегматитів: Веселий мусковіт-польовошпатових пегматитів, Благовіщенський рідкіснометалевих пегматитів та Новостепнянський рідкіснометалевих мусковіт-польовошпатових пегматитів.

7. Пегматитам Мокромосковського пегматитового поля притаманні підвищені вмісти танталу, ніобію, літію, рубідію та цезію.

ЛІТЕРАТУРА

1. Берзенин Б.З., Бобров А.Б., Кичурчак В.М. Физико-химические условия образования редкометалльных пегматитов Среднего Приднепровья. Геохимия и рудообразование. 1981. Вып. 9. С. 63–66.
2. Гранитоидные формации Украинского щита / И.Б. Щербаков, К.Е. Есипчук, В.И. Орс и др. К.: Наук. думка, 1984. 191 с.
3. Саков Л.В., Бобров О.Б. Пегматитові поля Середньопридніпровського пегматитового району та основні геологічні чинники їх формування. Зб. наук. праць УкрДГРІ. 2007. № 3. С. 35–45.
4. Сукач В.В., Саков Л.В., Безвинний В.П., Шпильчак В.О. Пошуки родовищ рідкісних металів у Східноукраїнській пегматитовій області – важливий складник геологорозвідувальних робіт в Україні. Мінеральні ресурси України. 2021. № 4. С. 6-15.

УРАН-СВИНЦЕВИЙ ВІК ЦИРКОНІВ ЧАРНОКІТІВ ГАЙСИНСЬКОГО БЛОКУ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

Решетник М.М.^{1,2}, Шумлянський Л.В.³

¹ Національний науково-природничий музей НАН України, м. Київ, Україна,
reshetnykmariya@gmail.com

² Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка
НАН України, м. Київ, Україна

³ Університет Кьортин, м. Перт, Австралія

URANIUM-LEAD AGE OF ZIRCON FROM GRANITOIDS OF THE HAISYN DOMAIN OF THE UKRAINIAN SHIELD

Reshetnyk M.M.^{1,2}, Shumlyanskyu L.V.³

¹ National Natural Science Museum of the National Academy of Sciences
of Ukraine, Kyiv, reshetnykmariya@gmail.com

² M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation
of the NAS of Ukraine, Kyiv

³ School of Earth and Earth Sciences, Curtin University, Perth, Australia

Results of a geochronological study of the Paleoproterozoic rock assemblage in Haisyn Domain of the Ukrainian Shield are reported. The U-Pb zircon age of charnockite belonging to the Haisyn Complex was defined at 2087 ± 17 Ma and the Sm-Nd apatite isochron yielded an age of 2100 ± 150 Ma. The ϵ_{Nd} isochron value of -5 indicates a long crustal residence time of the rock or its precursor. It can be assumed that the studied rocks represent the result of the partial melting of an older crustal protolith.

Вступ. Сильно і багаторазово метаморфизовані архейські геологічні утворення є складним об'єктом для розшифровки їх геологічної історії. Мінеральний склад та структурно-текстурні характеристики несуть інформацію про фінальні етапи їх тектонічної переробки і перекристалізації. Для розуміння більш давніх, первісних етапів їх геологічної історії, корисними є ізотопні, в тому числі геохронологічні, дослідження. Застосування різних ізотопних систем до різних мінералів допомагає зменшити похибки, спричинені рухливістю материнських і дочірніх ізотопів. Тому нами було виконано визначення віку для монацитів, цирконів та апатитів з палеопротерозойських гранітоїдів Росинсько-Тікицького району Українського щита. Порооди цього району здебільшого зазнали метаморфізму гранулітової фації і належать до «гранулітової дуги», яка традиційно вважалася складеною ранньоархейськими комплексами порід [Лазько и др., 1975]. Проте нещодавні геохронологічні дослідження показали, що багато з них є ювенільними палеопротерозойськими утвореннями [Степанюк та ін. 2016; 2021].

В роботі представлені результати визначення віку формування чарнокітоїдів, які виділяються в межах Гайсинського блоку Українського щита.

Матеріали і методи. Зразки 8-2078 та 19-2078 відібрані на природному відслоненні (48.928080, 29.192112) на північ від с. Ситківці на лівому березі струмка Городище (ліва притока р. Південний Буг). Макроскопічно це однорідні середньо-крупнозернисті, місцями порфірові зеленувато-сірі породи масивної структури.

Ізотопний склад урану в цирконі вимірювали в окремих кристалах за допомогою мас-спектрометрії з індуктивно-зв'язаною плазмою лазерної абляції (LA-ICP-MS). Вимірювання проводилися в Центрі Джона де Лаестера, Університет Кьортіна, Австралія.

Результати. Середній мінеральний склад проби 8-2078 (об. %): плагіоклаз – 30, калієвий польовий шпат – 45, кварц – 10, біотит < 1, клінопіроксен – 10, ортопіроксен – 5; і проби 19-2078 (об.%): плагіоклаз – 75, калієвий польовий шпат <5, кварц – 5, біотит – 3, рогова обманка – 1, клінопіроксен – 5, ортопіроксен – 7. За даними електронно-зондового аналізу плагіоклаз представлений андезином An_{37-40} . Апатит, монацит і циркон є акцесорними мінералами, а непрозорими — пірит, халькопірит, піротин і магнетит. За мінеральним складом проба 8-2078 являє собою монцосієніт, а проба 19-2078 — двопіроксеновий діорит [Решетник та ін. 2020].

За допомогою U-Pb ізотопного методу були продатовані циркони зі зразка 19-2078. За верхнім перетином конкордії вік цирконів становить 2087 ± 16 млн років (рис. 1).

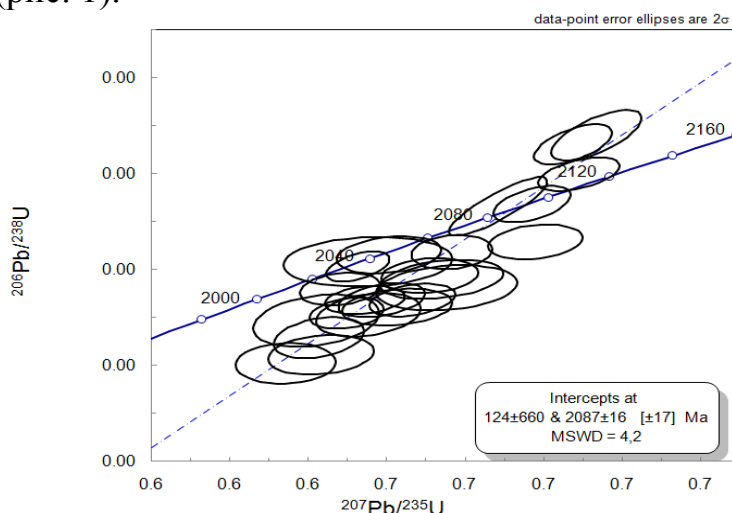


Рис. 1. U-Pb діаграма з конкордією для циркону зі зразка 19-2078

Загалом, досліджувані породи припадають на той самий віковий інтервал (2050-2020 млн. років), що й інші палеопротерозойські магматичні породи в цьому районі [Степанюк та ін. 2016; 2020; 2021a; Степанюк, Шумлянський, 2017]. Цей вік також відповідає часу метаморфізму гранулітової фації [Шумлянський та ін., 2021; Пономаренко та ін., 2018].

Однак, на відміну від усіх раніше вивчених магматичних палеопротерозойських порід в районі, чарнокіти с. Ситківці виявляють негативні (-5) значення ϵNd в апатиті, що свідчить про більш давній протоліт цих порід [Решетник та ін., 2023]. Складна внутрішня структура циркону також свідчить про тривалу геологічну історію цих порід, яка могла початися в неoarхеї, тоді як отриманий вік по цирконам може відповідати віку остаточної метаморфічної перекристалізації. Такі палеопротерозойські віки раніше повідомлялися в інших неoarхейських породах у цьому районі [Степанюк та ін., 2020]. Альтернативно, чарнокіти села Ситківці можуть бути результатом палеопротерозойського плавлення давнішого (неoarхейського) протоліту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лазько Е.М., Кирилюк В.П., Сиворонов А.А., Яценко Г.М. (1975) Нижній докембрій западної частини Українського щита (возрастные комплексы и формации). Львов. Издательство «Вища школа». 239 с.
2. Пономаренко А.Н., Степанюк Л.М., Шумлянський Л.В. (2014) Геохронологія і геодинаміка палеопротерозоя Українського щита. *Мінерал. журн.*, 36 (2): 48–60.
3. Решетник М., Андреев О., Заяць О. (2020) Мінералогічна характеристика діоритоїдів Гайсинського блоку (Український щит). Докембрій: породні асоціації та їхня рудоносність. Збірник тез Міжнародної наукової конференції. Київ. 2020. С. 97-99.
4. Степанюк Л.М., Довбуш І.М., Курило С.І., Лісна І.М., Петриченко К.В. (2016) Фінальна стадія гранітоїдного магматизму Дністровсько-Бузького домену Українського щита. *Геохімія та рудоутворення*, 36: 72-81. <https://doi.org/10.15407/gof.2016.36.072>
5. Степанюк Л.М., Шумлянський Л.В. (2017) U-Pb цирконовий вік гіперстен-плагіоклазових гнейсів долини р. Згар (Верхньобузька ділянка Українського щита). *Мінерал. журн.* 39 (3): 67-74. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.39.03.067>
6. Степанюк Л.М., Шумлянський Л.В., Вільде С.А., Немчин А.А., Білан О.В. (2020b) U-Pb геохронологія (LA-ICP-MS) геологічних процесів у гранулітах Середнього Побужжя. Стаття 2. Породна асоціація чаусівської групи кар'єрів *Мінерал. журн.* 42 (4): 84-103. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.42.04.084>
7. Степанюк Л.М., Шумлянський Л.В., Курило С.І., Сьомка В.О., Бондаренко С.М., Вільде С.А., Немчин А.А. (2021) U-Pb геохронологія (LA-ICP-MS) геологічних процесів у гранулітах Середньобужжя. Стаття 3. Породна асоціація нижньої течії р. Ятрань. *Мінерал. журн.*, 43 (1): 34-50. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.01.034>
8. Степанюк Л.М., Шумлянський Л.В., Хаценко В.О., Лісна І.М., Довбуш І.М., Вільде С.А., Немчин А.А., Багінський Б., Білан О.В. (2020a) U-Pb геохронологія (LA-ICP-MS) геологічних процесів у гранулітах Середнього Побужжя. Стаття 1. Породна асоціація Кошаро-Олександрівського кар'єру. *Мінерал. журн.* 42 (3): 50-68. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.42.03.050>
9. Reshetnyk M., Zaiats O., Shumlyansky L., Starokadomsky D., Stepanuk L. (2023) Geochronology and origin of Paleoproterozoic charnockites with old crustal signature in the Haisyn block of the Ukrainian shield. *Acta Geochimica*, 42: 393–408. <https://doi.org/10.1007/s11631-022-00590-7>
10. Shumlyansky L., Wilde S.A., Nemchin A.A., Claesson S., Billström K., Bagiński B. (2021) Eoarchean rock association in the Dniester-Bouh Domain of the Ukrainian shield: a suite of LILE-depleted enderbites and mafic granulites. *Precam Res* 352: 106001. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2020.106001>

**МЕТАПІРОКСЕНІТИ У РОЗРІЗІ ГАННІВСЬКОГО РОДОВИЩА
МОЛІБДЕНУ (КРИВОРІЗЬКА СТРУКТУРА)**

Хомич Ю.Є.

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка
НАН України, м. Київ, Україна, yuriykhomich@gmail.com

**METAPYROXENITES IN THE CROSS-SECTION OF THE HANNIVKA
MOLYBDENUM DEPOSIT (KRYVYI RIH STRUCTURE)**

Khomych Y.

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation
of the NAS of Ukraine, Kyiv, yuriykhomich@gmail.com

Metamorphosed pyroxenites, and melanocratic gabbros, were discovered in the stratified formations of the Hannivka molybdenum deposit. They comprise small lens-shaped intrusive bodies that intrude the metabasite of the Novokryvyi Rih suite and are not traced higher up in the section among the rocks of the Skelevatka suite. The paper provides a detailed macro- and microdescription of these rocks and reveals their most important petrographic features. The obtained data indicate that the intrusion of metapyroxenites occurred in the Mesoarchean or early Neorchean, before the accumulation of sedimentary strata of the Skelevatka suite.

Вступ. Ганнівське родовище молібдену розташоване в північно-східному борту Криворізької структури у межах так званої Східноганнівської смуги метаморфічних порід, яка в тектонічному відношенні є монокліналлю. Вона побудована мезоархейськими метавулканітами новокриворізької світи, які перекриваються палеопротерозойськими залізисто-кременистими метаосадовими відкладами скелюватської і саксаганської світ криворізької серії. Зі сходу породи новокриворізької світи інтродуються мезоархейськими двопольовошпатовими гранітоїдами демуринського комплексу. Молібденове зруденіння приурочене до контакту метабазальтів новокриворізької світи з гранітоїдами демуринського комплексу. Головний обсяг молібденової мінералізації зосереджений в екзоконтакті, в метабазальтах, частково – в ендоконтактових гранітоїдах.

Результати досліджень. Під час буріння розвідувально-оціночних свердловин у 2020—21 рр. виявлено метаморфізовані піроксеніти, рідше меланократові габро. А саме, у св. 02 до гл. 75 м – вивітрилі середньокрупнозернисті меланократові породи основного-ультраосновного складу; у св. 06 в інтервалі 214,9-222,3 м – метапіроксеніти, які у верхній частині інтервалу від дрібнозернистих поступово змінюються з глибиною на середньо- і крупнозернисті; у св. 07 в інт. 108, 8-110,7 м – меланократове метагабро від дрібно- до середньозернистої структури; у св. 10 в інт. 87,1-96,0 м – середньо-крупнозернисті метапіроксеніти з меланократовими

дрібно-середньозернистими метагабро в підшві і покрівлі інтервалу, а в інт. 172,9-183,2 м – переважно метапіроксеніти, рідше меланократові габро.

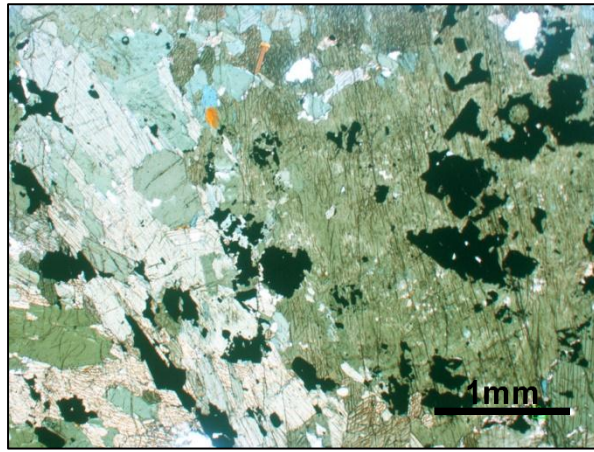
Геологічний і петрографічний опис метапіроксенітів. Найбільш представницькі перетини метапіроксенітів отримано у св. 10. Метапіроксеніти в інт. 87,1-96,0 м – це зелено-сірі, зелено-темно-сірі, середньо-крупнозернисті (рис. 1), в кінці інтервалу – середньодрібнозернисті породи. Переважно вони масивні, рідше слабо розсланцьовані. Амфібол в породі представлений видовженими та ізометричними нематами розміром від 0,3 мм до 1,5 см, має виражений зелений колір, належить до ряду рогова обманка-актиноліт. Розподіл плагіоклазу нерівномірний, від звичайного 5 % до 15-20 % на початку і в кінці інтервалу, де породу можна ідентифікувати як метагабро.



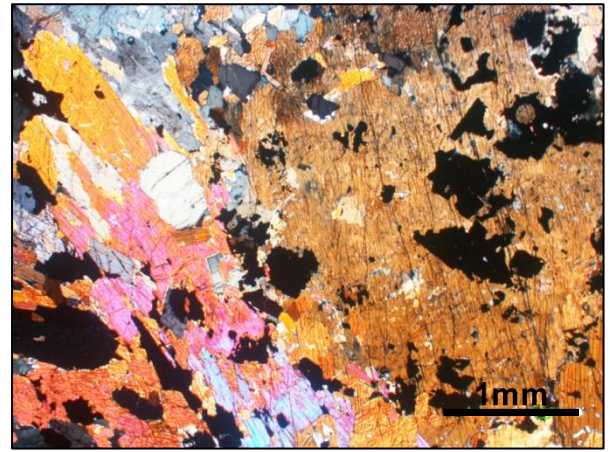
Рис. 1. Метапіроксеніт в керні свердловини 10 на глибині 92,8 і 177,0 м

З гл. 92,5 м метапіроксеніт містить дрібні (0,1-0,5 мм) зерна піриту, піротину, зрідка халькопіриту (до 2-3 %). В інт. 92,6-92,8 м відмічаються поодинокі вкраплення гранату – альмандину розміром 2-4 мм. Верхній контакт з метаалевролітами прослідковується за зоною вивітрювання, а нижній проходить вздовж кварцового прожилка завширшки 6 см. Потужність тіла метапіроксенітів складає 8,9 м.

Під мікроскопом (рис. 2) метапіроксеніти цього інтервалу характеризуються панідіфоморфнозернистою, нематобластовою структурою. Для великих немат амфіболу (рогової обманки), розмір яких сягає 1-1,5 см, подекуди характерна наявність великої кількості включень рудного мінералу (магнетиту, титано-магнетиту) розміром від 0,3 мм до 1,2 мм. Мінеральний склад під мікроскопом (у %): амфібол (рогова обманка) – 85-90, рудний – 10-15, польовий шпат (плагіоклаз) – од.з.



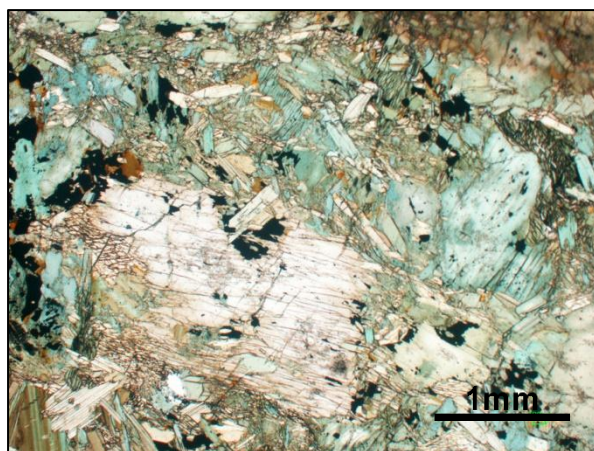
a



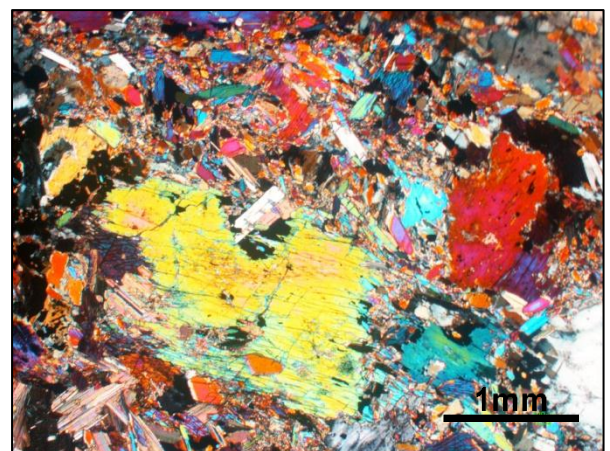
б

Рис. 2. Метапіроксеніти в шліфі 10/92,8. Мікроснімок *a* – без аналізатора, *б* – з аналізатором (в схрещених ніколях)

Нижче в розрізі свердловини метапіроксеніти спостерігаються в інт. гл. 172,9-183,2 м. Їхня потужність складає 10,3 м. Це зелено-сірі, зелені, середньо-, місцями з поступовими переходами до дрібнозернистих, масивні породи, в покрівлі та підшві інтервалу розсланцьовані. В інт. 173,6-175,5 м вони інтенсивно розсланцьовані. Внаслідок цього вони набули яскраво вираженої лінзовидно-сланцьоватої, звилькуватої текстури, яка нагадує ігнімбріти: темно-сірі, чорні смужки і лінзи біотиту завдовжки 0,5-3 см і завширшки 1-3 мм та зелені амфіболові ніби цементуються тонкозернистим світло-сірим матриксом. Породи помірно сульфідизовані (2-3 % піротину, піриту і халькопіриту); в підшві інтервалу їх кількість поступово зменшується до 0,5%. Верхній контакт доволі чіткий і різкий: перехід від зелено-сірих дрібнозернистих плагіоклаз-амфіболових порід (метатуфи базальтів) до сіро-зелених середньозернистих суттєво амфіболових (метапіроксенітів). Нижній контакт з метабазальтами також чіткий і проходить по зоні окварцювання.



a



б

Рис. 3. Метапіроксеніти в шліфі 10/177,0. Мікроснімок *a* – без аналізатора, *б* – з аналізатором (в схрещених ніколях)

Під мікроскопом метапіроксеніти з гл. 177 м мають гетеронетобластову структуру (рис. 3). Розмір виділень амфіболу змінюється від 0,2 мм до 2,5 мм. Дрібніші зерна як правило включені у більші. Мінеральний склад під мікроскопом (у %): амфібол (рогова обманка, актиноліт) – 85-90, біотит – 2-5, рудний – 10. У порівнянні з попереднім інтервалом відмічається невелика кількість біотиту. Добре окреслені таблитчасті немати амфіболу нагадують реліктові форми піроксену, за рахунок якого вони утворилися.

Висновки. Описані метапіроксеніти, які січуть розріз стратифікованих утворень Ганнівського родовища молібдену, складають невеликі лінзоподібні інтрузивні тіла. Вони проривають утворення метабазитів новокриворізької світи і не прослідковуються вище за розрізом серед порід скелеватської світи. Це свідчить про їхнє формування в мезоархеї або на початку неорахею, після того, як були накопичені базальтоїдні товщі новокриворізької серії.

Подяка. Висловлюю вдячність В.В. Сукачу за надану колекцію зразків та шліфів по Ганнівському родовищу молібдену та допомогу у проведенні досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сукач В.В., Фалькович О.Л., Бондаренко С.М., Баряцька Н.В., Грінченко О.В., Литвиненко Ю.О., Канунікова Л.І. Молібденіт та його зростки з силікатними мінералами (ділянка Червона, Криворізька структура). Геологічна наука в незалежній Україні: Зб. тез наук. конф. (Київ, 8—9 верес. 2021 р.). НАН України, ІГМР. Київ, 2021. С. 391—393.

UDK 550.42: 504

HEAVY METALS IN SOILS UNDER THE INFLUENCE OF KYIV MOTORWAYS

Vovk K. V.

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation
of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, vovkkaterina90@gmail.com

The content of heavy metals along the roads with heavy traffic in Kyiv was investigated. The largest pollutants among heavy metals were identified: lead (Kk-4,83), zinc (Kk-4,93), mercury (Kk-2,67) and nickel (Kk-1,82). The average heavy metals pollution of the soils near the roads of Kyiv (Zc = 12) is acceptable. The mobility of heavy metals was estimated (mobility in brackets, %): Cu(16) > Zn(15) > Pb(12) > Ni(11). A gradual decrease in the content of heavy metals was revealed at a distance from the roadway. At a distance of 50 m, their concentration often approaches the background value.

Motor transport is one of the main sources of pollution in urban areas today [1, 2, 4, 6]. Heavy metals are part of the vehicle's fuel as natural impurities (Cu, Ni, Cd, Hg) or special additives (Pb, Zn, Mn) [2]. Zinc and nickel fall into the soil during the combustion of engine oil, cadmium - from the tires. Trace elements also enter the soil and air when erasing moving metal and rubber parts of the car (when erasing brake pads - Zn, Mo, Ni, Cr, and when tires are worn - Cd, Pb, Mo, Zn).

According to [3], a dangerous value for the environment and human health is the intensity of the traffic flow of more than 300 cars per hour and a distance of 100 meters from the roadway. The average traffic intensity on the highways of Kyiv is 18,7 thousand units a day, which is 2,6 times higher than the safe value according to [5].

The content of heavy metals along the roads with heavy traffic in Kyiv was determined in this work. Samples were taken up to 5 m from the edge of the road.

It was revealed that lead, zinc, mercury and nickel are the largest pollutants of Kyiv roads, compared with background values (Fig.). The increased lead content is mainly due to the fact that so far many grades of gasoline contain its derivatives. The average concentration coefficients of heavy metals compared with the background values are as follows: Pb-4,83; Zn-4,93; Hg-2,67; Ni-1,82; Cr-1,33; Cu-1,26. According to the classification presented in [2], the average heavy metals contamination of the soils near the roads of Kyiv ($Z_c = 12$) is permissible. The soils of roads located on the right bank of the city, especially the central part, are characterized by a higher content of the studied elements, which is explained by the long history of the development of these areas and the accumulation of vehicles here. In most cases, there is a direct correlation between the intensity of the traffic flow and the content of heavy metals in soils.

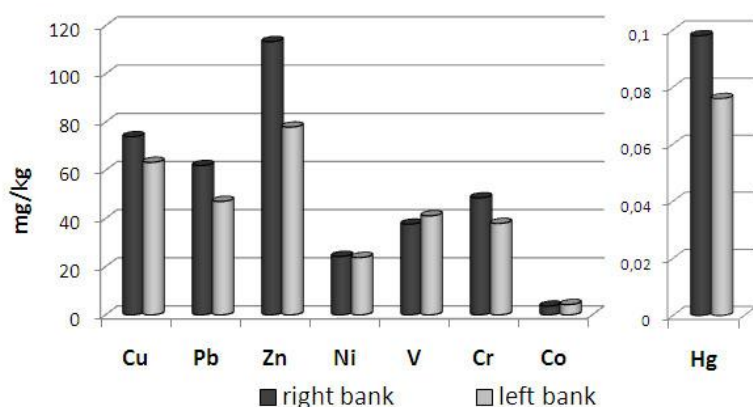


Fig. Heavy metal content in soils near Kyiv roadway.

Significant positive relationships between Ni-V-Cr with $R^2 = 0,93-0,94$ were revealed for the soils of the highway influence zone. These are elements of variable valency, characterized by similar behavior in hypergenic geochemical processes.

An analysis of the mobility of the heavy metals in soils along highways made it possible to construct the corresponding series (mobility in brackets, %): Cu (16) > Zn (15) > Pb (12) > Ni (11). The mobility of heavy metals is slightly higher (by 5-6 %) compared with the forest park areas of Kyiv. An increase in the mobility of copper with respect to zinc is also observed.

Literature data [1, 6] indicate that more than 20 % of vehicle emissions are deposited in the immediate vicinity of the road, intense pollution is most often observed at a distance of up to 10m. The study of changes in the content of heavy metals with distance from the highway was carried out within the Kyiv-Sviatoshyn district along the route M 07 (E 373) "Kyiv-Warsaw".

A gradual decrease in the content of heavy metals is observed with distance from the roadway. Their concentration often approaches the background value at a distance of 50 m. Intensive pollution is recorded at a distance of 10-15 m. The most often maximum content of heavy metals is observed at a distance of 10 m from the roadway then it gradually decreases. In most cases, the maximum content of heavy metals is observed in the surface of the soil (0-10 cm).

It can be concluded that roads are a powerful source of soil pollution with heavy metals. Their influence depends on the intensity of the automobile flow, the soil composition and the presence of green spaces. The roadside soils of Kyiv are the most polluted in the central part of the city and on the ring roads around it. The main pollutants among heavy metals are zinc (Kk-4.9) and lead (Kk-4.8). It was revealed that the intensive accumulation of toxic microelements in soils occurs in the interval 0-15 m from the motorway.

REFERENCES

1. *Kavtaradze D.N.* [et al.] Roads in ecological systems (problems of interaction). M. 1999. 240 p.
2. *Saet Yu.E.* [et al.] Environmental geochemistry. M. Nedra, 1990. 335 p.
3. *Kireeva I.S.* [et al.]. Hygienic assessment of air pollution in the area of city streets influence of different categories. Kyiv. MOH. 2005. 6 p.
4. *Zhelnovach A.N.* (2014) Analysis of the features and consequences of the influence of motor transport systems on soils and the aquatic environment. The current state of regional environmental problems and ways to solve them: Mater. Int. Scientific Conf. of young scientists. Ukraine. Odessa. P. 88-90.
5. *Klebanova N.S., Klebanov D.O.* Influence of mobile and stationary sources of pollutant emissions on atmospheric air quality in the Kyiv in 2009-2010. Science. works of UkrNDHMI. 2011. 260. P. 235 - 249.
6. *Kopytenkova O.I., Levanchuk A.V.* The method of controlling the quality of the environment in a metropolis. Successes of modern science. 2006. No. 9. P. 59-61.

ЗАГАЛЬНА ТА РЕГІОНАЛЬНА ГЕОЛОГІЯ

УДК 551.24+553.98(477.8)

ОСОБЛИВОСТІ ТЕКТОНІКИ ПІВДЕННО–СХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЗОВНІШНЬОЇ ЗОНИ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ ТА СУМІЖНОЇ ДІЛЯНКИ ВОЛИНО-ПОДІЛЬСЬКОЇ ПЛИТИ

Гарасим С.В., Сенів О.Р., Гривняк Г.Б., Тріска Н.Т., Ковальчук Н.А.

Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України,
м. Львів, Україна, svitlanag86@gmail.com

PECULIARITIES OF TECTONICS OF THE SOUTH-EASTERN PART OF THE OUTER ZONE OF THE CARPATHIAN FOREDEEP AND ADJACENT AREA OF THE VOLYN-PODILLYA PLATE

Harasym S., Seniv O., Hryvnyak G., Triska N., Kovalchuk N.

Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals
of the NAS of Ukraine, Lviv, svitlanag86@gmail.com

In this paper we have considered the peculiarities of a geological structure and geodynamic development of the south-eastern part of the Outer zone of the Carpathian Foredeep and adjoining area of the Volyn-Podillya plate. The most important role in the formation of the regions structure was played by the Podolian prominence of the basement. The area between the towns of Ivano-Frankivsk and Zabolotov distinguishes itself by the presence of the thickest in the Outer zone network of tectonic dislocations with a break of continuity, in particular transverse. Such tectonic situation of the given region is caused by the influence of the Pokuttya-Bukovyna transverse uplift.

Південно-східна частина Зовнішньої зони Передкарпатського прогину і суміжна ділянка Волино-Подільської плити (на схід від Тетерівського розлому) відзначаються своєрідними особливостями геологічної будови та геодинамічного розвитку. Одним із головних чинників, який відіграв істотну роль у формуванні структури регіону, є близьке до Карпат розташування Подільського виступу Українського щита. Як відомо, сучасна будова і нафтогазоносність давніх платформ зумовлена особливостями інфра- і морфоструктури дорифейського фундаменту. Дорифейський фундамент Волино-Подільської плити гетерогенний і має складчасто-блокову будову. Границі блоків, зазвичай, контролюються розломами [1]. Південно-східна частина Волино-Подільської плити охоплює найстаріший – Подільський блок архейської консолідації, який є продовженням протоконтинентального Побузького масиву Українського щита. Цей блок простежується далі на південний захід у Передкарпатському прогині та Карпатах і відомий як Покутсько-Буковинське поперечне підняття [2]. Його існування вплинуло на особливості структури Карпат – зумовило її перетиск

та припідняте положення. На північний захід від Подільського блоку кристалічного фундаменту розташовані молодші за часом консолідації блоки свекофенокарелід (Поліський, Дубнівський, Львівський), на яких у середньому і пізньому рифеї розвинувся Волинсько-Оршанський авлакоген. Приуроченість неопротерозойських авлакогенів до зон наймолодшої консолідації попередніх тектонічних циклів є характерною особливістю давніх платформ. Подільський виступ фундаменту стабільно був припіднятим упродовж неогену і активно впливав на історію розвитку південно-західної країни Східноєвропейської платформи.

Південно-східна частина Зовнішньої зони Передкарпатського прогину відзначається характерними особливостями будови та розвитку. Так, терен між Івано-Франківськом і Заболотом покритий найгустішою в Зовнішній зоні Передкарпатського прогину сіткою розривних тектонічних порушень, особливо поперечних, які розтинають фундамент прогину на низку блоків [3, 4, 5]. Слід зазначити, що за В.С. Буровим поперечні розломи цієї території належать до типу скидо-зсувів, генетично обумовлених пологим згином блоків фундаменту. Існує подібна думка, згідно з якою Коломийсько-Слобідко-Ліснянський блок перемістився розривними порушеннями у напрямку Східноєвропейської платформи, унаслідок чого відбулося зміщення границі каледонського складчастого комплексу в північно-східному напрямку [6]. На підставі проведеного кінематичного аналізу (структурно-парагенетичний метод), підтверджено наявність зсувів у зоні Рава-Руського розлому [5], які відбувались упродовж тектонічних циклів венду–фанерозою розломами північно-східного орієнтування – Луцькому, Суцано-Пержанському, Тетерівському і ін. На нашу думку, зміщення (на 15–20 км) Рава-Руського розлому (чи його продовження) на південний захід у межах Косівської ділянки відбувалося по Заболотів-Устецькому розлому. На теренах Косівської ділянки верстви нижньодевонських, силурійських і кембрійських відкладів лежать моноклінально (під кутами від 2 до 8°) та занурюються в південно-західному напрямку. Натомість у межах Коломийсько-Слобідко-Ліснянської ділянки нижньопалеозойські відклади сильно дислоковані, кути падіння верств коливаються від 45 до 85°.

Нашарування дністровської серії нижнього девону на південному сході Зовнішньої зони Передкарпатського прогину не значні. Вони простягаються вузькою смугою вздовж чола каледонського складчастого комплексу, відзначаються моноклінальним заляганням та утворюють континентальний червоноколірний літодинамічний комплекс.

На тлі моноклінального залягання палеозойських відкладів у південно-східній частині Зовнішньої зони прогину і, зокрема Косівській ділянці, виділяється низка локальних структур, здебільшого структурних носів та брахіантиклінальних складок. Всього за результатами геолого-геофізичних досліджень тут передбачається 15 подібних структур [7]. Вони невеликі за розмірами – площа від 10 до 70 км², висота коливається від 30 до 100 м. Як свідчать результати геологічних і геофізичних досліджень, зокрема, за

проектом Tасis, а також структурні побудови [4], окремі структури спостерігаються не тільки у відкладах палеозою, але й у мезозойських нашаруваннях.

Локальні структури, розташовані між районом Івано-Франківська і Заболотова, відрізняються від описаних вище структур Косівської ділянки. Наприклад, Коломийська і Слобідко-Ліснянська, які найкраще вивчені геолого-геофізичними розвідувальними роботами, у мезо-палеозойському комплексі представлені одним блоком, який обмежений повздовжніми і поперечними розривними порушеннями. Палеозойські відклади цього блоку сильно зім'яті та насунуті в північно-східному напрямку. Мезозойські нашарування разом із відкладами міоцену в межах блоку обволікають тектоно-ерозійне підняття палеозойських відкладів та утворюють антиклінальну складку. Коломийсько-Слобідко-Ліснянська структура порівняно велика – 30×6 км, висота складки – 200 м (по покрівлі доміоценових порід). Приблизно така сама структура і розмитою поверхнею домезозойських відкладів [8]. Коломийсько-Слобідко-Ліснянський блок з північного сходу обмежує Коломийський грабен – структуру, яка утворилася внаслідок дії тектонічних, насамперед, та ерозійних чинників [9, 10]. Коломийський грабен на південному сході з'єднується із Заболотівською тектоно-ерозійною структурою північно-східного простягання. У Коломийському грабені мезозойські відклади відсутні і нашарування баденію залягають безпосередньо на силурійських і нижньодевонських породах.

Можна констатувати, що в основі Косівської ділянки Зовнішньої зони Передкарпатського прогину знаходиться палеозойський комплекс відкладів Балтійсько-Чорноморського перикратону Східноєвропейської платформи.

Така тектоніка південно-східної частини Зовнішньої зони Передкарпатського прогину і суміжної території Волино-Подільської плити зумовлена впливом поперечного Покутсько-Буковинського підняття. Перед Коломийсько-Слобідко-Ліснянським блоком не існувало опори у вигляді Подільського виступу фундаменту і горизонтальні тектонічні напруги могли проявитися тут з більшою силою, результатом чого і є сучасна структура регіону.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Геотектоника Вольно-Подолли* / И.И. Чебаненко, И.Б. Вишняков, Б.И. Власов и др.; Отв. ред. И. И. Чебаненко; АН УССР. Ин-т геол. наук. Киев: Наук. думка, 1990. 244 с.
2. *Доленко Г.Н.* Геология нефти и газа Карпат. К: АН УССР, 1962. 367 с.
3. *Буров В.С., Матвеева А. О., Кохалевич Р. О.* Блокова тектоніка краю зовнішньої зони Передкарпатського прогину між Івано-Франківськом і Коломиєю. ДАН УРСР. 1964. № 3. С. 365–368.
4. *Ризун Б.П.* Основные черты тектоники и перспективы газоносности юго-восточной части внешней зоны Предкарпатского прогиба // Геология и геохимия нефтяных и газовых месторождений. Киев: Наук. думка, 1965. № 1. С. 99–107.
5. *Гинтов О.Б., Пашкевич И.К.* Разломно-блоковая тектоника Вольно-Подолли. Кинематический анализ // Геофиз. журн. 2004. 26. № 1. С. 56–70.

6. Доленко Г.Н., Сеньковський Ю.М., Різун Б.П. Про границю Східноєвропейської платформи в межах Львівського палеозойського прогину і суміжних територій // ДАН УРСР. Серія Б. 1967. № 9. С. 779–783.
7. Заяць Х.Б., Петришин Т.М. Нова колекція пошуків нафтогазоносних об'єктів у палеозойських відкладах південного сходу Волино-Поділля // Геологія і геохімія горючих копалин. 2006. № 1. С. 5–11.
8. Павлюк М.І., Різун Б.П., Побігун І.З. Особливості морфоструктури поверхні домезозойських відкладів Передкарпаття у контексті перспектив нафтогазоносності // Геологія і геохімія горючих копалин. 2001. № 3. С. 3–12.
9. Ярош Б.И., Різун Б.П. К вопросу о природе структурных элементов района Отыня–Коломыя в Предкарпатье // Тектоника Карпат. Киев: Наук. думка, 1966. С. 70–76.
10. Андрейчук М.М. До питання про пізньобаденське осадконагромадження у Коломийській системі палеоврізів Зовнішньої зони Передкарпатського прогину // Геологія і геохімія горючих копалин. 2006. № 1. С. 66–76.

УДК (550.83+550.41:553(477))

**ЄМНІСНО-ФІЛЬТРАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ
ТА ТЕРМОДИНАМІКА ТРАНСФОРМАЦІЇ КЕРОГЕНУ
ЯК ІНТЕГРАЛЬНИЙ КРИТЕРІЙ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ
БОРИСЛАВСЬКО-ПОКУТСЬКОЇ ЗОНИ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО
ПРОГИНУ**

Кучер Р.-Д.А., Сенів О.Р.

Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, м. Львів, Україна,
romandaniilkucer@gmail.com

**THE CAPACITY-FILTRATION PROPERTIES OF RESERVOIR ROCKS
AND THERMODYNAMICS OF KEROGEN TRANSFORMATIONS AS
CRITERIA FOR OIL AND GAS POTENTIAL OF THE BORYSLAV-
POKUTTIA ZONE OF THE PRECARPATHIAN FOREDEEP**

Kucher R.-D. A., Seniv O.R.

Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals
of the NAS of Ukraine, Lviv, romandaniilkucer@gmail.com

Main purpose of researches: to ascertain the effect of complex stressed state on the formation of capacity-filtration properties of rocks, to study the structures of porous space of hydrocarbon reservoir rocks, interconnection between the composition of the light hydrocarbon part and the exhaustion degree of kerogen in oil-gas mother rock units, to establish connections between capacity-filtration, physical-mechanical and thermobaric parameters and on this basis to develop the methods for prediction of capacity-filtration properties and kerogen exhaustion of reservoir

rocks and to localize the areas of maximum hydrocarbon generation of the Boryslav-Pokuttia zone of the Carpathian Foredeep.

За думкою багатьох дослідників Бориславсько-Покутська зона Передкарпатського прогину володіє значними перспективами відкриття як нових покладів, так і родовищ вуглеводнів [1, 2]. Очевидно, що без всебічного вивчення характеристик нафтоматеринських світ, насамперед ємнісно-фільтраційних та геохімічних властивостей, проблематичним буде раціональне проведення пошуково-розвідувальних робіт з подальшим освоєнням родовищ. Це ж стосується й ефективної оцінки перспективи та запаси вуглеводнів на розглянутій ділянці.

Ми вважаємо, що для збільшення ефективності нам слід застосувати інтегральний геофізично-геохімічний критерій. З одного боку, ступінь катагенетичного перетворення розсіяної органічної речовини вказує на потенціал наповнення колекторів вуглеводневим флюїдом. В той самий час ємнісно-фільтраційні властивості гірських порід та ступінь категенезу керогену змінюються як по вертикалі, так і по латералі осадових басейнів під впливом седиментаційних, тектонічних, геохімічних, термобаричних та низки інших геологічних факторів. Для наукового обґрунтування прогнозу колекторських властивостей гірських порід та ймовірності їх наповнення вуглеводневим флюїдом важливе значення має розробка фізико-геологічних моделей, що у певному наближенні описують формування ємнісно-фільтраційних властивостей та перетворення керогену за різних геотермобаричних умов (переважно враховуються палеотемператури) та різного початкового складу розсіяної органічної речовини.

Проведений аналіз [3-5] результатів досліджень петрофізичних властивостей порід-колекторів в умовах пластових температур і тисків показує, що сьогодні недостатньо вивчені ємнісно-фільтраційні і теплофізичні властивості в глибинних зонах осадових басейнів. Математико-статистичне (термодинамічне) моделювання процесів трансформації розсіяної органічної речовини з утворенням вуглеводневої частини нафтових та газових покладів як в Україні, так і за її межами досі знаходиться в стані розробки з огляду на складність поставлених завдань. Складнонапружений стан гірських порід, який виникає в результаті дії геодинамічних напружень, і процеси катагенетичних змін зумовлюють розвиток вторинних порово-тріщинних і тріщинно-кавернозних колекторів. Виникнення тріщин спричинене деформацією і залежить від механічних властивостей гірських порід. Розвиток пасток, порово-тріщинних і тріщино-кавернозних колекторів пов'язаний із зонами розуцільнення порід, які тяжіють до тектонічних

порушень і до місць вторгнення в осадову товщу флюїдів з великих глибин. Водночас, два різноспрямованих процеси – теплова деградація і консолідація під впливом тиску – викликають різноспрямовані процеси, які відбуваються зі структурою керогену в процесі його катагенезу. Встановлено, що існує кореляція між пропорційним складом перших членів гомологічного ряду алканів, елементним складом керогену та ступенем його перетворення [6, 7].

Ми поставили перед собою завдання дослідити ємнісно-фільтраційні властивості порід-колекторів, процеси трансформації та стан виснаженості керогену в межах Бориславсько-Покутської зони Передкарпатського прогину. Основна увага буде зосереджена на розробці петрофізичних моделей порід-колекторів з різним типом порового простору, прогнозуванні колекторських властивостей гірських порід. За результатами проведених досліджень будуть складені картосхеми з виокремленими перспективними ділянками вуглеводневої генерації та розроблені відповідні науково-практичні рекомендації до впровадження. В процесі виконання роботи планується з'ясувати вплив складнонапруженого стану на формування ємнісно-фільтраційних властивостей гірських порід та вивчити структуру порового простору колекторів вуглеводнів. Крім того ми плануємо встановити характер взаємозв'язку між складом легкої вуглеводневої частини та ступенем виснаження керогену в нафтогазоматеринських товщах і, зрештою, встановити взаємозв'язки між ємнісно-фільтраційними, фізико-механічними і термобаричними параметрами. Як результат буде розроблена методика прогнозування ємнісно-фільтраційних властивостей порід-колекторів та локалізовані ділянки максимальної та мінімальної вуглеводневої генерації.

Вирішення поставлених задач базується на комплексному петрофізичному вивченні гірських порід, геохімічному вивченні складу природних газів та газопроявів, літолого-петрографічних дослідженнях керна, дослідженнях ємнісно-фільтраційних, фізико-механічних і теплофізичних параметрів зразків керна при атмосферних умовах і умовах складнонапруженого стану, аналізі наявної геолого-геофізичної та геохімічної інформації. Ми плануємо застосувати математичні методи обробки і аналізу інформації, фізичне і математико-статистичне (термодинамічне) моделювання. Для виконання науково-дослідної роботи будуть застосовані наступні методи досліджень: петрофізичні, літолого-петрографічні, геохімічні, методи термодинамічного моделювання, а також сучасні математико-статистичні і графічні методи обробки і просторового аналізу даних та інтерпретації узагальнених і систематизованих літературних і фондових матеріалів, даних вивчення фактичного матеріалу і результатів

аналізів (математико-статистичне моделювання, побудова картографічного матеріалу з залученням широкого спектру комп'ютерних програм.

В результаті проведених досліджень буде зроблено прогноз ємнісно-фільтраційних властивостей порід-колекторів вуглеводнів, стану виснаженості керогену регіону і розроблено петрофізичні моделі порід-колекторів з різним типом порового простору, які є основою для прогнозування колекторських властивостей гірських порід в пластових умовах, та складено картосхеми перспективних ділянок вуглеводневої генерації в межах Бориславсько-Покутської зони Передкарпатського прогину Карпатської нафтогазоносної провінції, що дасть змогу раціональніше вести пошуково-розвідувальні роботи і освоєння родовищ, ефективніше оцінювати перспективи та запаси вуглеводнів.

Дослідження виконуються в рамках програмно-цільової та конкурсної тематики НАН України «Науково-дослідні роботи молодих учених НАН України 2023-2024 рр.».

ЛІТЕРАТУРА

1. *Крупський Ю.З., Куровець І.М., Сеньковський Ю.М. та ін.* Західний нафтогазоносний регіон // Нетрадиційні джерела вуглеводнів України: у 8 Кн. – Київ: «Ніка-Центр», 2014. 398 с.
2. *Павлюк М., Наушко І., Лазарук Я. та ін.* Резерв нафтогазовидобутку Західного регіону України // Національна Академія наук України; Інститут геології і геохімії горючих копалин. Львів. 2022. 415 с. – (електронне видання).
3. *Куровець І.М., Лисак Ю.Є., Чепусенко П.С., Михальчук С.О., Кучер Р.-Д.А.* Геолого-петрофізична характеристика відкладів силуру Волино-Подільської окраїни Східноєвропейської платформи // Геологія і геохімія горючих копалин, 2019. № 4 (181). С. 17–31.
4. *Куровець І., Грицик І. Приходько О., Чепусенко П., Кучер З., Михальчук С., Мельничук С., Лисак Ю., Петелько Л.* Петрофізичні моделі відкладів менілітової світи олігоценового флішу Карпат і Передкарпатського прогину // Геологія і геохімія горючих копалин, 2021. № 3-4 (185–186). С. 33–43.
5. *Kucher R. D.A.* Petrophysical properties of the Cambrian deposits of the Lviv Paleozoic Trough // 73rd European Association of Geoscientists and Engineers Conference and Exhibition 2011: Unconventional Resources and the Role of Technology. Incorporating SPE EUROPEC 2011 (pp. 5641–5643). <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20149713>
6. *Khokha Y., Yakovenko M., Lyubchak O.* Entropy maximization method in thermodynamic modelling of organic matter evolution at geodynamic regime changing. // *Geodynamics*, 2020. № 2(29). P. 79–88. <https://doi.org/10.23939/jgd2020.02.079>
7. *Хоха Ю.В., Яковенко М.Б., Любчак О.В.* Моделювання умов еволюції керогену методами термодинаміки (на прикладі Південного нафтогазоносного регіону). // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ, 2020. №3 (76). С. 33–45. [https://doi.org/10.31471/1993-9973-2020-3\(76\)-33-45](https://doi.org/10.31471/1993-9973-2020-3(76)-33-45)

**КОЛЕКЦІЯ ЗУБІВ ТВАРИН РЯДУ *PROBOSCIDEA*
ПАЛЕОНТОЛОГІЧНОГО МУЗЕЮ ЛЬВІВСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА –
НАУКОВОГО ОБ'ЄКТА НАЦІОНАЛЬНОГО НАДБАННЯ**

Січко І.П.¹, Тузяк Я.М.²

¹ Львівський фізико-математичний ліцей при Львівському національному університеті імені Івана Франка, м. Львів, Україна, sichkoihor@gmail.com

² Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів, Україна
yarynatuzak@gmail.com

**ANIMAL TEETH COLLECTION OF THE ORDER *PROBOSCIDEA* OF
THE PALEONTOLOGICAL MUSEUM OF THE I. FRANKO NATIONAL
UNIVERSITY OF LVIV – A SCIENTIFIC OBJECT OF THE NATIONAL
HERITAGE**

Sichko I.P.¹, Tuziak Ya.M.²

¹ Lviv Physics and Mathematics Lyceum at Ivan Franko National University
of Lviv, Ukraine, sichkoihor@gmail.com

² Ivan Franko National University of Lviv, Ukraine, yarynatuzak@gmail.com

The collection of Proboscidea teeth of the Paleontological Museum of Ivan Franko National University of Lviv, a scientific object of the national heritage, was audited. It is determined that the collection contains material of varying degrees of preservation, and comes from the western regions of Ukraine. Preliminary analysis gave reason to find out the systematic composition of the fossil material. Thus, the collection of fossil proboscis teeth contains molars of the African elephant (*Loxodonta*) and two species *Mammuthus*. *Mammuthus* molars are represented by different age-related cancellations (M1 to M6).

Вступ. У Палеонтологічному музеї зберігається багатий матеріал викопних зубів тварин з ряду *Proboscidea*, зібраний у 50-х–60-х роках ХХ ст. в межах західних областей України (Глиняни, Новий Розділ, Львів та ін.), і належить до наукових об'єктів, що отримали статус національного надбання. Знахідки зубів – це унікальний, рідкісний і цінний матеріал, який дає відповідь на цілий спектр питань: хто жив, коли жив, який спосіб життя вів, чому з'явився і з-за яких обставин зник. На сучасному етапі колекція зубів хоботних відділу біоти антропогену Палеонтологічного музею потребує ревізії і додаткового вивчення з використанням сучасних методів досліджень з метою визначення систематичної приналежності, уточнення кліматичних умов середовища проживання, з'ясування чинників вимирання. Практичним

аспектом вивчення викопного матеріалу, представленого молярами хоботних, є побудова схем і карт ареалів поширення особин, визначення вікової приналежності вмісних утворень, а також використання результатів досліджень при створенні геопарків – заповідних зон з метою збереження не лише живого біорізноманіття, а й тих екосистем, які існували на планеті Земля мільярди, мільйони, сотні і тисячі років тому й створюють уявлення про угруповання доісторичних тварин, які населяли територію України у далекому минулому.

На сучасному етапі рештки давніх слонів і мамутів виявлені на території всієї України – Львівська, Вінницька, Івано-Франківська, Рівненська, Тернопільська, Київська, Полтавська, Чернівецька, Чернігівська, Черкаська області. Перші знахідки були виявлені в с. Старуня Івано-Франківської обл. у жовтні 1907 р.

Матеріали та методи. Матеріалом для написання статті слугувала колекція викопних зубів хоботних різного ступеня збереження Відділу біоти антропогену Палеонтологічного музею ЛНУ імені Івана Франка. Зібрання містить 32 моляри різної систематичної приналежності і походить з теренів Заходу України – Глиняни, Новий Розділ, Львів. Для опису було використано 7 зубів. Головним методом досліджень був морфолого-порівняльний з проведенням замірів розмірів таких величин: довжина, ширина і висота моляра, форма жувальної поверхні, форма і кількість емалевих пластин, висота коронки, ширина емалі, які є головними критеріями при визначенні родів хоботних і вікових відмін молярів (М1 до М6).

Результати. На основі морфолого-порівняльного аналізу встановлено приналежність зубів/молярів до виду. Так, на підставі аналізу таких ознак як загальна форма зубів, форма жувальної поверхні, форма емалі в зубних плитах, кількість зубних плит, товщина емалі, простір в середині зубних плит, характер складчастості емалі в зубних плитах, висота коронки [1], визначено, що в колекції моляри належать родам *Loxodonta* (Африканські слони), *Elephas* (Азійські слони) і *Mammuthus* (мамути). Наприклад, зуби *Loxodonta* і *Elephas* відрізняються за формою емалі в зубних плитах на жувальній поверхні. У *Loxodonta* емаль має форму ромба, а у *Elephas* емалеві пластини паралельні. Також простежується відмінність у загальній формі зуба: у перших – зуб без дугоподібного вигину і прямий, а у других – зуб вигнутий, і повернутий у бік щелепи. Товщина емалі також має значення – це один з показників раціону тварин і може вказувати, якої твердості їжу вживала тварина. У *Loxodonta* дієта змішаного типу через доступність тих чи інших ресурсів їжі у різні сезони [5]. Під час засухи вони їдять тверду їжу як, наприклад, трава, кора, листя, гілки, а у сезон дощів їдять молоді пагони,

низькорослу молоду траву, фрукти, листя та інші рослини. На сучасному етапі тривають дискусії серед дослідників щодо приналежності Африканських слонів до пасовищних тварин чи до таких, раціон яких міг охоплювати різну рослинну їжу – від м'якої до більш жорсткої, що залежить від різного типу рослинності Африки [6]. Азійські слони мають відносно тонку емаль (від 2.6 мм до 3.7 мм для m3 згідно [7]), що свідчить про вживання дещо м'якшої їжі – фруктів, листя, молодих пагонів, та інших м'яких рослин. Кількість зубних плит також важлива, бо дає можливість з'ясувати, в яких умовах жила тварина. Африканські слони мають меншу кількість зубних плит (від 5 до 12), що свідчить про споживання їжі різної жорсткості. В саванах їжі не так багато і потрібно з кожних доступних рослин отримати максимально поживних речовин. Зовсім інша ситуація у *Elephas*. Слони цієї групи спеціалізуються не на якісному перетиранні, а на кількісному, так як в тропіках і субтропіках наявність їжі у надлишку, через що число зубних плит може бути більшим і становити понад 12. Висота коронки також різна. У перших коронка низька, у других висока. Це все пов'язано з ефективністю перетирання. Чим нижча коронка, тим менш ефективно перетирання. Різним також є простір в середині зубних плит у видів і підвидів вище названих родів. У Африканського лісового слона простір в середині зубної плити менший ніж у саванного [1]. У Суматранського слона простір в зубній плиті більший ніж у Індійського [1]. Структура емалі на жувальній поверхні зубних плит також є різною у двох вище зазначених родів. У *Loxodonta* емаль рівна без викривлень, а у *Elephas* емаль має дуже чітко виражені викривлення. Усі вище зазначені порівняльні ознаки наведені на рис. 1.

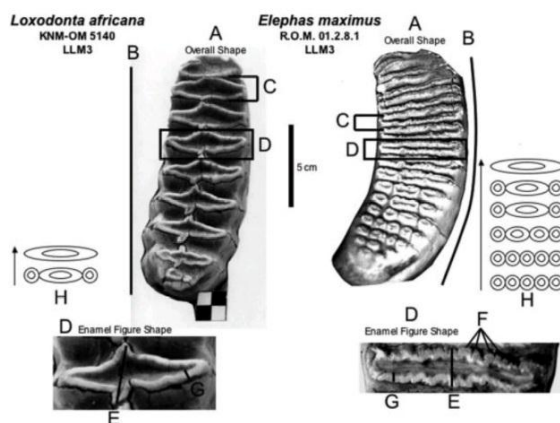


Рис. 1. Порівняльна схема будови зубів/молярів Африканського й Азійського слонів за [1].



Рис. 2. Зуби/моляри *Loxodonta africana* (1) і *Elephas maximus* (2). Колекція Палеонтологічного музею ЛНУ імені Івана Франка.

Для порівняння зубів з роду *Mammuthus* складено таблицю з урахуванням головних ознак (табл. 1).

Таблиця 1.

Порівняльна характеристика ознак зубів/молярів ламутів

Ознаки	<i>Mammuthus trogontherii</i>	<i>Mammuthus primigenius</i>
Загальна форма зубів (А, В)	Зуб дещо викривлений, його задня частина має кутасту форму	Зуб дещо викривлений, задня частина заокруглена
Форма емалі в зубних плитах на жувальній поверхні (D)	Паралельна	Паралельна
Кількість зубних плит	18–22 (для М3) [8]	18–24 (для М3) [8]
Товщина емалі (G)	1–2.5 мм	1–2.5 мм
Простір в середині зубних плит (E)	Мала відстань	Мала відстань
Складчастість емалі в зубних плитах (F)	Присутні викривлення	Присутні викривлення
Висота коронки	Низька коронка	Низька коронка



Рис. 3. Зуби/моляри видів роду *Mammuthus*: 3 – *Mammuthus trogontherii*; 4–7 – *Mammuthus primigenius*. Колекція Палеонтологічного музею ЛНУ імені Івана Франка.

Корінні зуби (моляри) мамонтів є одними з найскладніших у ссавців. Вони складені пластинками дентину, оточених емаллю (рис. 4). Ряд цих пластин (коронки), скріплених дентином, утворюють зуб. Кількість пластинок у кожному зубі визначається видом і віком зуба. Біля основи зуба корінь утримував зуб на місці. У мамутів та слонів у міру дорослішання прорізується максимум шість наборів зубів. Коли зуби змінюються, кожен наступний зуб стає більшим і складений більшим числом пластин. Розмір зубів коливається від приблизно 2,5 см при народженні до 19–30 см і більше у шостому й останньому наборі. Після того, як у мамонта зношуються шостий і останній ряд зубів, тварина стає нездатною пережовувати їжу і зрештою помирає від голоду. У табл. 2 наведено морфолого-порівняльний

аналіз вікових категорій молярів хоботних з урахуванням таких ознак: довжина, ширина, висота зубів, кількість зубних плит, товщина емалі.

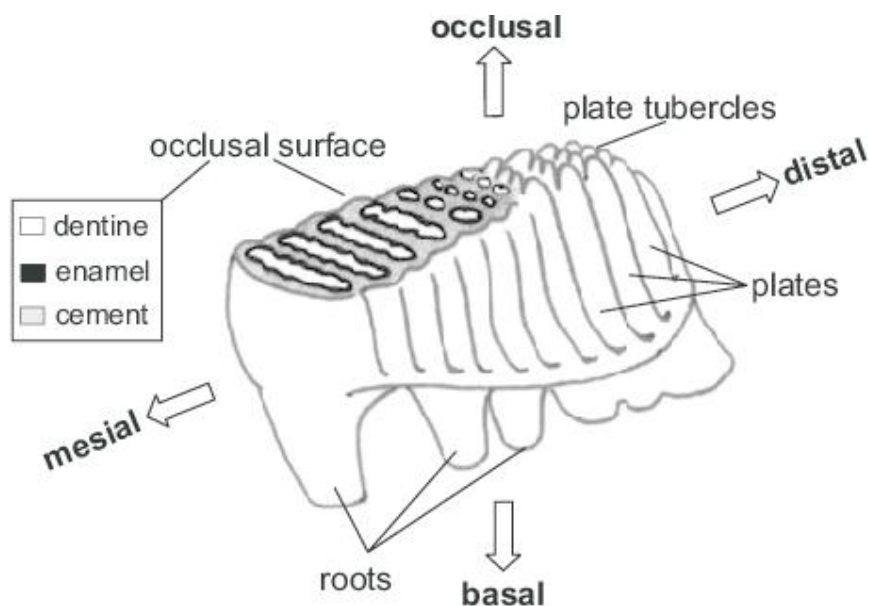


Рис. 4. Схематична будова моляра мамута за [2].

Таблиця 2.

Порівняльна характеристика зубів/молярів вікових категорій видів родів *Loxodonta* та *Mammuthus*

Ознаки	З	Т.З.	L	W	H	Е.Т.	P	Коментарі
<i>Loxodonta africana</i> Рис. 2 (1)	Нж	M2	10	5	12.9	3	6+	Емаль трохи зношена, відсутня передня частина зуба
<i>Elephas maximus</i> Рис. 2 (2)	-	M4	18+	8	8	2	6+	Емаль майже не зношена, передня частина зуба відсутня
<i>Mammuthus primigenius</i> Рис. 3 (4-7)	Нж	M 2+Щ	10	5	5	±2	10	Зуб повністю збережений, емаль повністю зношена
	Нж	M3	12.5+	7	11.5	±2	12+	Емаль зношена не повністю, задня частина зуба відсутня
	Вх	M4	19.5+	7.3	12.5	±2	14	Емаль зношена не повністю, передня частина зуба відсутня
	Нж	M5+Щ	23	7	15	2	14	Емаль майже не зношена, зуб збережений повністю
<i>Mammuthus trogonterii</i> Рис. 3 (3)	Нж	M6	30.2+	9	15.5	2	13+	Емаль майже не зношена, передня частина зуба відсутня

Пояснення до скорочень: З – положення зуба (Нж – нижнє; Вх – верхнє); L – довжина (см); W – ширина (см); H – висота (см); P – кількість зубних плит; Т.З. – тип зуба; Е.Т. – товщина емалі (мм); коментарі – характеристика зуба (аналіз його елементів).

JIITEPATYPA

1. *Todd N.E.* Qualitative Comparison of the Cranio-Dental Osteology of the Extant Elephants, *Elephas Maximus* (Asian Elephant) and *Loxodonta africana* (African Elephant) // *The Anatomical Record*. 293. 2010. P. 62–73.
2. About Mammoth Molars – <https://www.fossilera.com/pages/about-mammoth-molars>
3. *Metcalf J.Z., Longstuff F.J., Zazula G.D.* Nursing, weaning, and tooth development in woolly mammoths from Old Crow, Yukon, Canada: Implications for Pleistocene extinctions // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 298 (3). 2010. P. 257–270.
4. *Laws R.M.* Age criteria for the African elephant, *Loxodonta a. Africana* // *African Journal of Ecology*. 4 (1). 2008. P. 1–37.
5. *Saarinen J., Karma A., Cerling Th.* A New Tooth Wear–Based Dietary Analysis Method for Proboscidea (Mammalia) // *Journal of Vertebrate Paleontology*. 2015. P. 1–8.
6. *Sach F., Dierenfeld E.S., Langley-Evans S.C., Watts M.J., Yon L.* African savanna elephants (*Loxodonta africana*) as an example of a herbivore making movement choices based on nutritional needs // *PeerJ* 7. 2019. P. 62–60.
7. *Chang Chun-Hsiang.* Sexual Dimorphism and Ontogeny in the Dentition of the Asian Elephant (*Elephas maximus*) // *Collection and Research*. 32. 2019. P. 63–77.
8. *Lister A.M.* Mammoth evolution in the late Middle Pleistocene: The *Mammuthus trogontherii-primigenius* transition in Europe // *Quaternary Science Reviews*. 294 (1). 1996. P. 202–213.

ГЕОЛОГІЯ РОДОВИЩ МЕТАЛЕВИХ ТА НЕМЕТАЛЕВИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 553.078.4

РУДНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕРЧИКСЬКОГО ЦИРКОН-ТИТАНОВОГО РОДОВИЩА

Ганжа О.А., Крошко Ю.В.

Інститут геологічних наук НАН України, м. Київ, Україна,
oag2909@gmail.com

ORE CHARACTERISTIC OF THE MERCIIKSK ZIRCON-TITANIUM DEPOSIT

Ganzha O.A., Kroshko Yu.V.

Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Kyiv, Ukraine, oag2909@gmail.com

The general ore characteristics of the Merchyk zircon-titanium deposit, which is one of the perspective objects of the Kharkiv placer district, are presented. The placers are confined to the Beretska and Novopetrivska suite. Among the 11 fields of the deposit, 3 most promising ones (Khvorostovska, Staro-Merchykska and Zolochivska) have been selected. For these areas, structural and lithological models were built that reflect the distribution of the averaged ilmenite, zircon contents, and the thickness of the ore layer, which was independently selected by the authors.

Мерчикське циркон-титанове родовище розташоване в басейні р. Мерчик (лівої притоки р. Мерли) в Богодухівському та Валківському районах Харківської області. Воно виявлено геологами Сумської геолого-розвідувальної партії в 1957 р. [4]. В 1990-94 рр. проведена дорозвідка раніше виявлених ділянок [3].

В межах родовища виділено 11 рудних ділянок: Перебудівська, Валківська, Ковязька, Гринцевська, Добропільська, Старо-Мерчикська, Баланівська, Хворостовська, Золочівська, Протопівська, Польовська, Деркачівська, Шевченківська, Костевська та ін [2]. Розсипи, як правило, приурочені до сиваської (верхньоберецької підсвіти) та середньоновопетрівської підсвіти. За складом розсипи комплексні – відносяться до типу циркон-рутил-ільменітових з монацитом. За продуктивністю серед ділянок можна виділити одну високопродуктивну, 6 середньопродуктивних і 4 малопродуктивних [1].

Нижче наводимо опис найбільш великих і перспективних ділянок.

Хворостовська ділянка розташована в Валківському районі між сс. Свинарі і Баранове, на вододілі рр. Мокрий Мерчик та Мжа. Поклад представлений одним вигнуто-пластоподібним рудним тілом у верхній

частині верхньоберекських пісків. У північно-східній частині ділянки виділено підділянку з вмістом циркону більше 7 кг/м^3 та вмістом ільменіту більше 10 кг/м^3 . В південній частині ділянки також спостерігається підвищення вмістів ільменіту та циркону, однак вони характеризуються не такою значною потужністю (рис. 1).

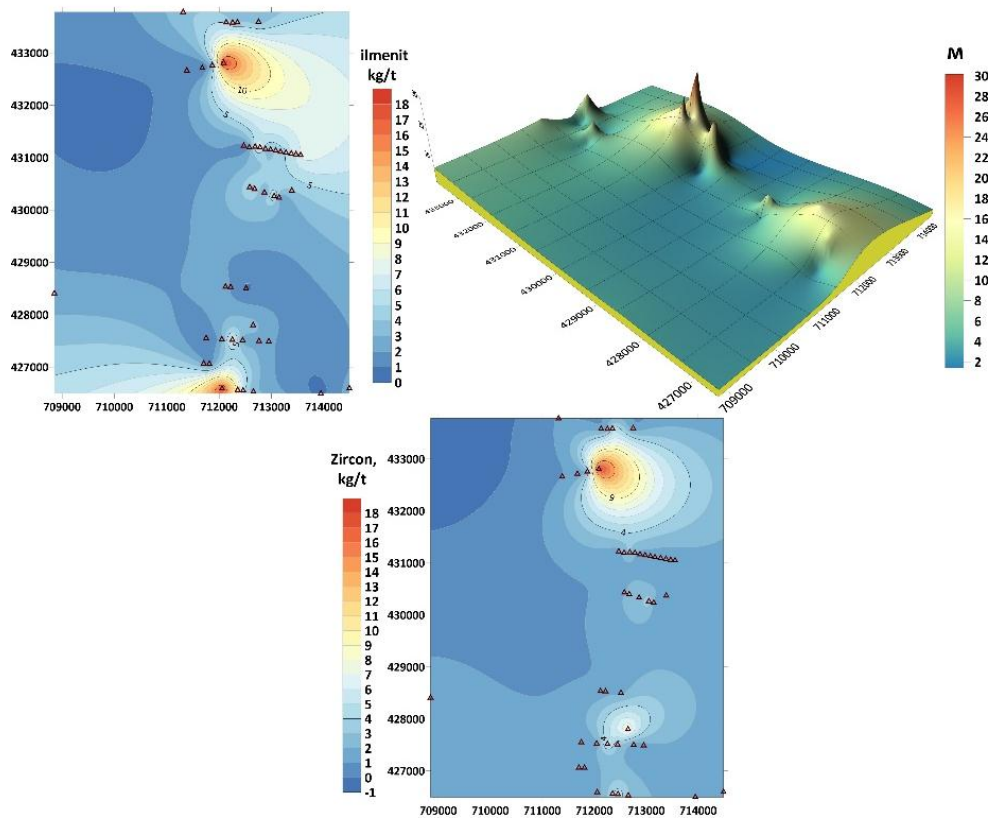


Рисунок 1 – Розподіл середньозважених вмістів ільменіту, циркону та потужності рудної товщі Хворостовської ділянки Мерчикського циркон-титанового родовища

Старо-Мерчикська ділянка розташована в межиріччі Мокрого і Сухого Мерчика, на захід від с. Вертіївка. Розсип представлений двома рудними тілами серед пісків верхньої частини берекської підсвіти. В межах ділянки виділено дві площі з підвищеним вмістом циркону більше 4 кг/м^3 та ільменіту більше 10 кг/м^3 . Південно-східна частина ділянки характеризується підвищеними показниками потужності рудної товщі (понад 15 м) при високих вмістах рудних компонентів (рис. 2). Загалом ця частина родовища вважається найбільш перспективною на Мерчикському циркон-титановому родовищі.

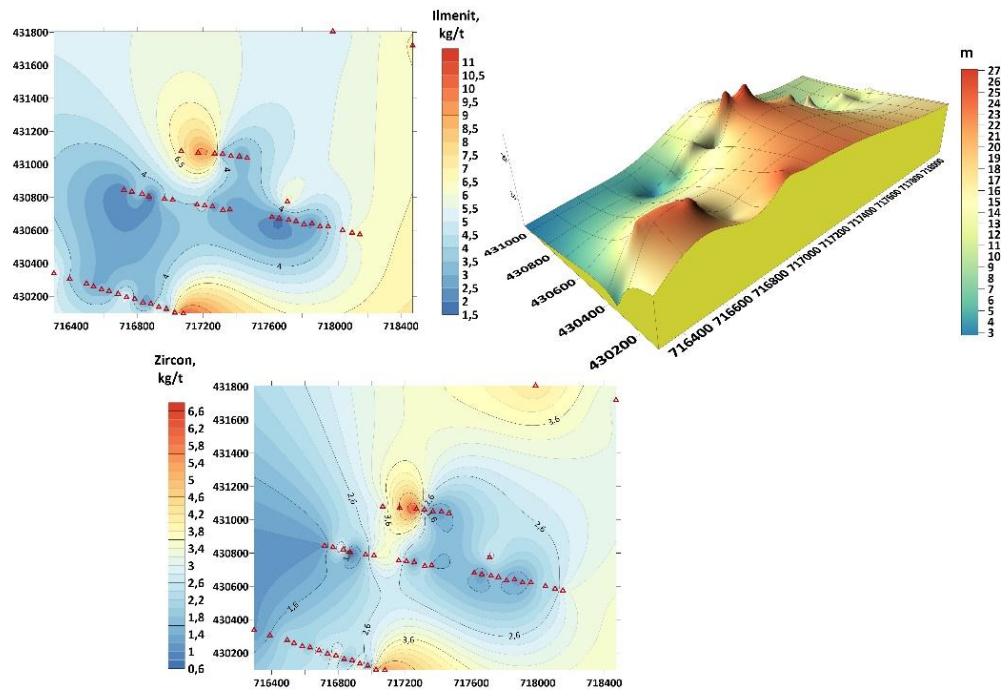


Рисунок 2 – Розподіл середньозважених вмістів ільменіту, циркону та потужності рудної товщі Старо-Мерчиківської ділянки Мерчиківського циркон-титанового родовища

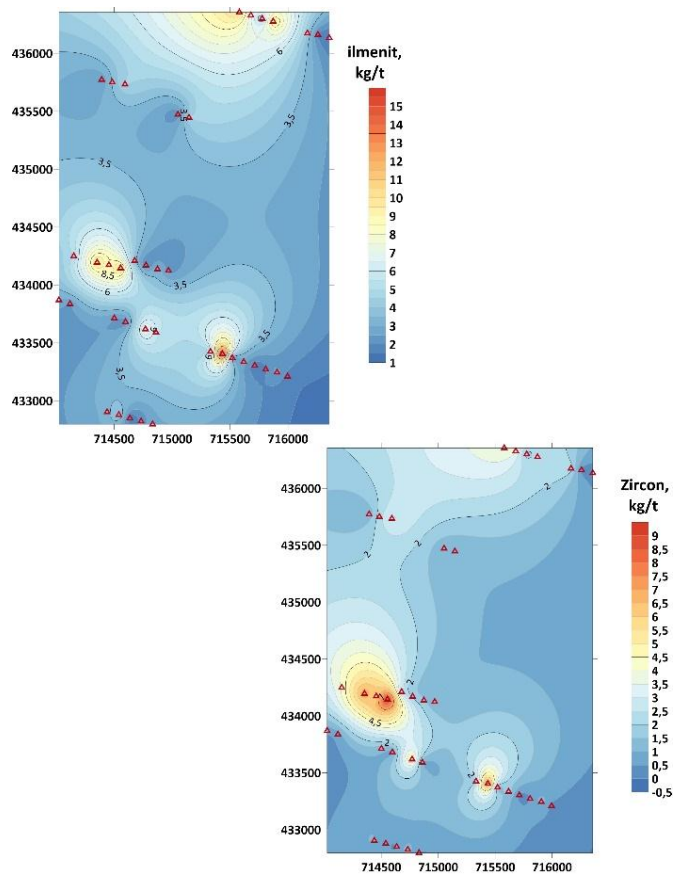


Рисунок 3 – Розподіл середньозважених вмістів ільменіту, циркону та потужності рудної товщі Золочівської ділянки Мерчиківського циркон-титанового родовища

Золочівська ділянка розташована у Валківському, частково Харківському районах, між с. Барчани і с. Золочівське. Розсип представлений трьома рудними тілами серед пісків верхньобережської підсвіти. У західній і середній частині ділянки виділені площі з вмістом циркону понад 4 кг/м³ та ільменіту більше 10 кг/м³ (рис. 3). В зв'язку з недостатністю вихідних даних виділити рудну товщу не вдалося.

Висновок. З огляду на позитивні результати зйомочних робіт Мерчикського родовища побудовано структурно-літологічну модель Старо-Мерчикської, Золочівської та Хворостовської ділянок. Ці дані дають можливість простежити тенденцію виділення зон з підвищеними вмістами ільменіту та циркону. До найбільш перспективних віднесено ділянку Старо-Мерчикську, до дещо менш перспективних віднесені Золочівська та Хворостовська ділянки, на якій виявлені багаті циркон-титанові розсипи, проте вони залягають на великій глибині. Загалом представлена площа є досить цікавою та перспективною і для комплексного підходу потребує детального дослідження літолого-палеогеографічних умов формування рудоносності даного родовища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ганжа О.А., Кузьманенко Г.О., Крошко Ю.В., Охоліна Т.В. Цирконієвий потенціал Харківського розсипного району // Тектоніка і стратиграфія. Випуск 47. 2020. С. 115-126.
2. Геологическое строение и полезные ископаемые Богодуховского района. Отчет Сумской партии о результатах групповой геологической съемки масштаба 1:50000, проведенной в 1986–1989 гг. На Богодуховской площади. Листы М-36-72-В,-Г и М-36-84-А,-Б / Харьковская ГРЭ ГПП «Южургеология»; ред. Д.В. Зайченко. Харьков, 1990.
3. Поиски титан-циркониевых россыпей на Нововодолажской и Богодуховской площадях Харьковской области Украины 1990–1994 гг. / Харьковская ГРЭ ГПП «Южургеология»; ред. О.П. Шванюк. Харьков, 1994.
4. Романов И.С. Геология и условия образования циркониево-титановых россыпей Днепровско-Донецкой впадины. Киев: Издательство «Наукова думка», 1976. 174 с.

УДК 553.3

ЗНАЧЕННЯ РУД БЕРИЛІЮ ДЛЯ ПОТРЕБ ОБОРОНИ ДЕРЖАВИ

Луньова І.М., Луньов Є.С.

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка
НАН України, м. Київ, gerasimetsirina@gmail.com

THE IMPORTANCE OF BERYLLIUM ORES FOR STATE DEFENSE NEEDS

Lunova I.M., Lunov Ye.S.

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation

The authors draw attention to the importance of developing deposits of strategic metals, including beryllium, for the needs of the defense industry. With the beginning of Russia's aggression against Ukraine, this issue has become particularly actual. Some examples of beryllium usage in military affairs are provided. Attention is also drawn to the Perga deposit. This deposit is the only one in the world where industrial concentrations of beryllium are associated with genthelvite. Genthelvite ores are characterized by a high quality in terms of beryllium content and good enrichability. The development of the Perga deposit could significantly enhance Ukraine's capabilities in the field of national defense.

В умовах повномасштабної збройної агресії російської федерації проти України, а також повоєнної відбудови маємо звертати особливу увагу на власні природні ресурси. Зокрема на корисні копалини, які мають важливе стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави.

Мінерально-сировинна база (МСБ) рідкіснометалевої сировини зокрема берилію в Україні є однією з найбільш перспективних [3]. Окрім берилію до цієї групи корисних копалин належать також літій, рубідій, цезій, тантал, ніобій, цирконій, гафній, рідкісноземельні елементи, ітрій, скандій, олово, вольфрам, молібден, ртуть, стибій, германій, кадмій та ін.

На теренах України берилієву мінералізацію виявлено в межах Українського щита (УЩ) у Волинському (Пержанське родовище, прояви в ендо- і екзоконтактах Коростенського плутону), Центральному (рідкіснометалеві родовища Полохівське, Станкуватське, Надія; уранові — Щорсівське, Новокостянтинівське, Жовторіченське) і Приазовському (родовища Балка Крута, Шевченківське, Єлисеївське пегматитове поле) районах [5].

Основою МСБ берилію в Україні є дуже велике і підготовлене до експлуатації Пержанське родовище, розташоване у північно-західній частині УЩ. Родовище досить детально описано в геологічній літературі [1, 2, 4, 6]. На родовищі було виявлено новий генетичний тип берилієвого зруднення, пов'язаного з лужними метасоматитами, головним рудним мінералом в яких є гентгельвін (член єдиної ізоморфної серії мінералів: гельвін, даналіт, гентгельвін) [2]. Пержанське родовище єдине відоме у світі, де промислові концентрації берилію пов'язані з гентгельвіном, а його руди характеризуються високою якістю за вмістом берилію та доброю збагаченістю, і за цими показниками вони перевершують усі відомі промислові типи руд берилію.

Особливість Пержанського родовища ще й у тому, що воно комплексне: поряд з берилієм трапляються тантал, ніобій, цирконій, рідкісні землі, олово, молібден, літій, цинк, срібло, флуор. Родовище детально розвідане та підготовлене для експлуатації з очікуваною високою рентабельністю розробки — понад 30% (за розрахунками провідних економістів). У межах розвіданої частини родовища досліджено 75 рудних тіл, по яких проведено

підрахунок запасів за промисловими категоріями. За вмістом основного берилієвого мінералу руди Пержанського родовища представлені двома типами: гентгельвіновими і фенакітовими. Кількість запасів берилієвих руд відноситься до відомостей, що складають державну таємницю. Варто відзначити, що берилієві руди Пержанського родовища досить прості у переробці. Забагачення руд можна проводити за допомогою фотонейтронно-флотаційного методу [3].

Відомо, що берилій — один з найтехнологічніших металів, широкого спектра застосувань. Він володіє рядом унікальних властивостей: це міцність, хімічна стійкість, легкість, жароміцність. Температура плавлення берилію майже 2600 °С. Як один з найлегших металів з відповідними фізичними, механічними і термічними властивостями берилій широко використовують у військовій та авіаційній промисловості. Відомо, що деталі літаків, виготовлені з берилію, у півтора рази легші, ніж з алюмінію [5].

Берилій має найбільшу серед усіх металів теплоємність. Саме завдяки високій міцності до зсуву та ударній в'язкості, хорошій провідності та високому опору до розтріскування, а також стійкості до стомлення берилій широко використовується для потреб оборонної галузі.

Оксид берилію використовують у лазерах і радарних вимірювальних системах. Значну частку берилію (85 %) витрачають на виробництво сплавів з Cu, Al, Mg, Ni та ін. Сплави з берилієм мають унікальні властивості. Мідно-берилієві сплави застосовують для виготовлення пружин, з'єднувачів, перемикачів у літальних апаратах і комп'ютерах; зростає роль берилій-алюмінієвих сплавів. Берилієво-мідні сплави використовують для виготовлення деталей технічних пристроїв, які зазнають особливо інтенсивного навантаження (шасі військових літаків, бійки скорострільної зброї, різальні інструменти, підшипники тощо). Сплави берилію з алюмінієм, магнієм, нікелем, залізом, хромом використовують у машино- і приладобудуванні, авіаційній промисловості. Бериліди (інтерметалічні сполуки берилію з танталом, ніобієм, цирконієм та іншими тугоплавкими металами) застосовуються як конструкційні матеріали для двигунів і обшивки ракет та літаків, оскільки мають виняткову твердість і стійкість проти окислення) [5].

У світовій практиці металічний берилій найчастіше використовується в оборонній промисловості для виробництва легких і точних компонентів.

Наприклад, чистий берилій особливо у військових винищувачах зменшує їхню вагу, що в свою чергу має вирішальне значення для їх швидкості та маневрування, а також забезпечує можливість більш точного наведення та завдання ударів [7]. Електричні роз'єми, кріпильні деталі та конструкційні компоненти для літаків та винищувачів з нерухомим крилом виготовляються з мідно-берилієвої суміші.

Компоненти виготовлені з берилію використовуються в сучасних системах спостереження та наведення, в оптичних системах військових гелікоптерів. В сучасних безпілотних літальних апаратах (БПЛА) також

використовуються оптичні берилієві системи. Вони покращують виконання завдань повітряної розвідки та наведення в реальному часі [7].

Крім того, берилієві дзеркала зменшують вібрацію, забезпечують стабільний оптичний шлях для прицілювання та управління вогнем під час руху танків. Мідно-берилієві сплави, що використовуються у мережевих концентраторах, комутаторах та маршрутизаторах, мають надзвичайно важливе значення для військового зв'язку. Берилій та його сполуки використовуються при виробництві устаткування для спостереження, перевірки та контрзаходів в аеропортах, портах, прикордонних постах та інших військових і громадських об'єктах. Компоненти з берилію можна знайти в рентгенівських апаратах, сортувальному устаткуванні, сканерах, що використовуються для перевірки вантажів на наявність небезпечних речовин.

У контексті наведеного зазначимо, що Україна має потужну МСБ. Однак сьогоднішні темпи й обсяги її відтворення не відповідають потребам країни. Через військові дії та складний стан економіки значно скоротилися, а подекуди й зовсім припинилися обсяги пошуково-розвідувальних робіт. У найближчому майбутньому ситуація може загостритись ще більше.

На території України є низка стратегічно важливих корисних копалин, видобутку яких досі нема, тоді як потреби оборонно-промислового комплексу в них значні. До таких стратегічних корисних копалин належать руди берилію.

Оскільки Пержанське родовище берилію за масштабами, якістю та типом зруденіння належить до унікальних у світі, воно може стати об'єктом не лише державної уваги. Україна має всі шанси зайняти лідируючі позиції в світі не лише із видобутку, а й переробки цього металу [3]. Якщо найближчим часом не вжити рішучих заходів, нестача окремих видів власної сировини буде прогресувати, що значно зменшить власні можливості держави у сфері забезпечення потреб оборони.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Безпалько Н.А.* Петрологія і акцесорні мінерали гранітів та метасоматитів Північної Волині. К. : Наук. думка, 1970. 163 с.
2. *Галецкий Л.С.* Гентгельвиновое оруденение – новый высококачественный тип бериллиевого сырья. Геология рудных месторожд. 1971. **13**. № 3. С. 21–30.
3. *Гурський Д.С., Чернокур І.Г.* Пержанське родовище берилію (геологія та перспективи освоєння в контексті світових і вітчизняних тенденцій розвитку мінерально-сировинної бази рідкісних металів) // Мінер. ресурси України. 2009. № 4. С. 22–32.
4. *Металиди С.В., Нечаев С.В.* Суцано-Пержанская зона (геология, минералогия, рудоносность). К.: Наук. думка, 1983. 136 с.
5. *Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. Т. 1. Металлические полезные ископаемые / Науч. ред. Н.П. Щербак, А.Б. Бобров.* Киев–Львов : Центр Европы, 2005. 785 с.
6. *Dubyna O., Kryvdik S., Belskyi V., Vyshnevskiy O.* Features of Berillium and Rare Metal Mineralization in Syenite of the Perga Deposit (Ukrainian Shield). Вісник КНУ. Серія Геологія. 2020. **88**. № 1. С. 92–97. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.88.13>

7. *Linganna G.* The National Interest: Stronger Than Steel: Why the U.S. Military Runs on Beryllium. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://nationalinterest.org/blog/buzz/stronger-steel-why-us-military-runs-beryllium-204167>

УДК 550.84.094.2

ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ ГАЗУ РАДОНУ НАД РОДОВИЩАМИ ВУГЛЕВОДНІВ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОЇ НАФТОГАЗОНОСНОЇ ОБЛАСТІ

Стародубець К.М.

Інститут геологічних наук НАН України, м. Київ, Україна,
starodubets.kirill@ukr.net

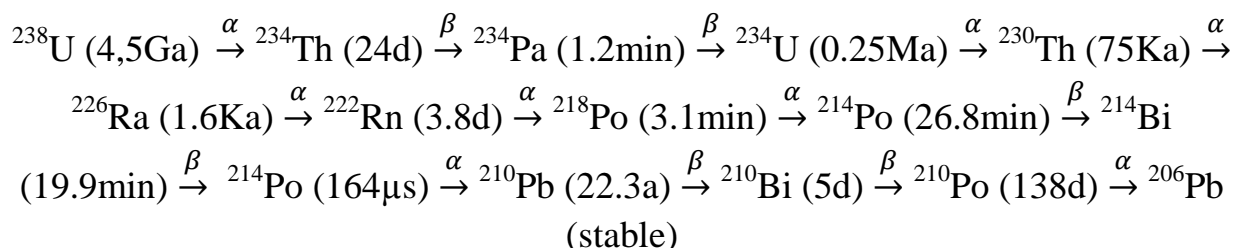
REGULARITIES OF RADON GAS DISTRIBUTION OVER HYDROCARBON DEPOSITS OF THE DNIPRO-DONETSK OIL AND GAS REGION

Starodubets K.M.

Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine,
starodubets.kirill@ukr.net

The results of long-term research work of the Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine on radonometric studies at 18 sites within the Dnipropetrovsk-Donetsk oil and gas region on a total area of about 4 thousand km² are presented. It has been established that above the hydrocarbon deposits, the average values of the radon index range from 10 to 20 Bq/dm³ and exceed the background values in the studied areas. The average values of geodynamically active areas that corresponding geologically to tectonic disturbances range from 30 to 80 Bq/dm³. A fairly wide range of average values in geodynamically active areas explained by the geological features of the faults over which radonometric studies were conducted.

Радіоактивний газ радон (²²²Rn) утворюється як продукт розпаду радію (Ra), що в свою чергу є продуктом радіоактивного розпаду урану (²³⁸U) і має наступний вигляд:



Всі елементи ряду розпаду тверді, крім ^{222}Rn . Газ радон виділяється з мінералів у ґрунтах і гірських порід та міститься як в ґрунтових водах, так і в ґрунтовому газі [1]. Висока молекулярна маса ^{222}Rn виключає можливість його самочинного субвертикального руху, а для міграції необхідні інші гази-носії. Коли газ радон досягає атмосфери він втрачає концентрацію і складає порядку 5-10 Бк/дм³ [2], однак приповерхнева концентрація газу радону дозволяє зафіксувати його природній розподіл, оскільки на глибині 2 м і глибше нівелюється вплив атмосферного повітря [3].

Метою радонометричних досліджень є виявлення геодинамічно стабільних ділянок, найменш порушених розломними зонами підвищеної проникності, де забезпечуються необхідні геодинамічні умови для формування пасток вуглеводнів та збереження приурочених до них покладів.

Радонометричні дослідження виконувалися в рамках багаторічних науково-дослідних робіт Інституту геологічних наук НАН України.

Автором проаналізовані результати робіт по радонометричних дослідженнях на 18 ділянках в межах Дніпропетровсько-Донецької нафтогазоносною області на загальній площі близько 4 тис. км².

Встановлено, що над родовищами вуглеводнів середні значення за радоновим показником знаходяться в межах від 10 до 20 Бк/дм³ та перевищують фонові показники на досліджених ділянках.

Середні значення геодинамічно активних ділянок, що відповідають в геологічному плані тектонічним порушенням, знаходяться в межах від 30 до 80 Бк/дм³. Доволі широкий діапазон середніх значень по геодинамічно активним ділянкам пояснюється геологічними особливостями розломів над якими проводилися радонометричні дослідження.

Відмічається наявність сильної прямої кореляції ($K > 0,15$) між газом радоном та вуглекислим газом (CO_2) та сильної від'ємної кореляції між газом радоном та газом метаном (CH_4), виходячи з чого можна робити висновок, що саме CO_2 є основним газом-носієм для міграції радону.

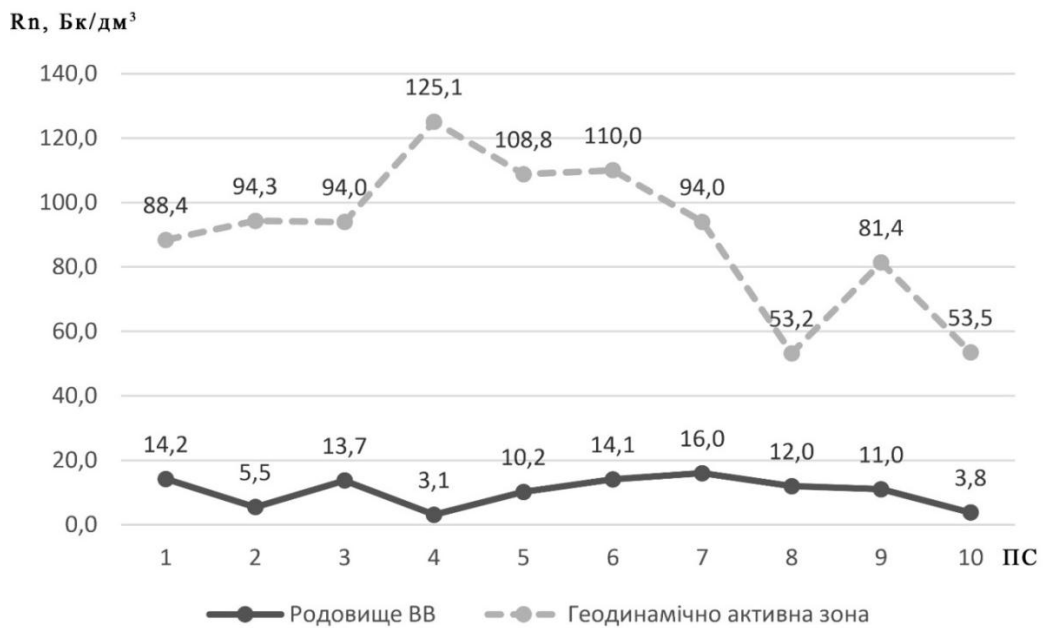


Рисунок 1 – Графік розподілу газу радону в приповерхневому шарі ґрунту над геологічними об'єктами Юліївської площі

На рисунку 1 приведені результати по одній з проаналізованих ділянок – Юліївській, в межах якої розташоване одноіменне газоконденсатне родовище. Рисунок відображає принципову картину розподілу газу радону над родовищами вуглеводнів та над геодинамічно активними зонами Дніпропетровсько-Донецької нафтогазоносної області.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Bonotto D.M., Andrews J.N.* (1999) Transfer of radon and parent nuclides ^{238}U and ^{234}U from soils of the Mendip Hills area, England, to the water phase. *Journal of Geochemical Exploration* 66:255–268. doi:10.1016/S0375-6742(99)00016-3
2. *Appleton J.D., Cave M.R., Miles J.C., Sumerling T.J.* (2011) Soil radium, soil gas radon and indoor radon empirical relationships to assist in post-closure impact assessment related to near-surface radioactive waste disposal. *Journal of Environmental Radioactivity* 102:221–234. doi:10.1016/j.jenvrad.2010.09.007
3. *Багпій І.Д.* Розробка геолого-структурно-термо-атмогеохімічної технології прогнозування пошуків корисних копалин та оцінки геоecологічного стану довкілля. Київ: Логос, 2013. 511 с.

ГЕОФІЗИКА

УДК 550.384

МАГНІТНА МІНЕРАЛОГІЯ ЛЕСОВО-ГРУНТОВИХ ВІДКЛАДІВ ПОЛТАВСЬКОЇ РІВНИНИ

*Главацький Д.В.¹, Бахмутов В.Г.¹, Герасименко Н.П.², Поляченко Є.Б.¹,
Черкес С.І.¹, Бончковський О.С.², Кравчук І.В.², Якухно В.І.¹, Мичак С.В.¹*

¹Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, м. Київ, Україна,
hlavatskyi@gmail.com

²Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

MAGNETIC MINERALOGY OF THE LOESS-PALAEOSOL DEPOSITS OF THE POLTAVA PLAIN

*Hlavatskyi D.V.¹, Bakhmutov V.G.¹, Gerasimenko N.P.², Poliachenko I.B.¹,
Cherkes S.I.¹, Bonchkovskiy O.S.², Kravchuk I.V.², Yakukhno V.I.¹,
Mychak S.V.¹*

¹Institute of Geophysics of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine,
hlavatskyi@gmail.com

²Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

A rock magnetic study of two Poltava Plain loess-palaeosol sections, Gunky and Zamozhne, indicates pedogenic (“Chinese”) scenario of the formation of magnetic properties of the loess-soil deposits. According to the magnetic-mineralogical investigation, two dominant magnetic minerals magnetite (1/3 of samples) and hematite (2/3 of samples), were identified. At the sections, the highest concentration of magnetic minerals was noted in the Upper Zavadvka soil unit (correlative of MIS 9), which is typical for other northern Ukrainian and Hungarian loess sequences.

Магнітні мінерали у четвертинних лесово-грунтових відкладах помірних широт Євразії виступають надійними індикаторами палеокліматичних циклів: чергування періодів потеплінь (інтергляціалів) та похолодань (гляціалів).

Розріз четвертинних відкладів Гуньки (49°15'46" пн.ш., 33°34'45" сх.д.) знаходиться на правому березі р. Псел на південній околиці с. Ламане Полтавської області. Цей розріз був вибраний для петромагнітних досліджень у доповнення до розрізу Заможне, оскільки він добре відомий у Європі, має більшу загальну потужність (>25м) і вкрай розвинений комплекс фауни ранньозавадівського віку (Гольштейн, MIS 11), знайдений у потужній озерній лінзі. Вище неї залягають субаеральні горизонти середньозавадівського–дофінівського віку. Дніпровський горизонт представлений валунною глиною дніпровського зледеніння (MIS 6), і таким чином виступає іншим чітким хроностратиграфічним маркером. Уздовж всього розрізу відібрано зразки з 284 рівнів. Розріз Заможне (49°23'41" пн.ш.,

33°43'14" сх.д.) розташований на правому березі р. Псел біля с. Заможне Полтавської області. Усього відібрано 200 зразків із лубенського–дніпровського горизонтів.

У розрізах Гуньки і Заможне фонові значення магнітної сприйнятливості у лесах ($\sim 10^{-7} \text{ м}^3\text{кг}^{-1}$) типові для інших розрізів України [1]. Підвищені значення χ_{lf} ($4\text{--}5 \times 10^{-7} \text{ м}^3\text{кг}^{-1}$, а в Заможному до $8 \times 10^{-7} \text{ м}^3\text{кг}^{-1}$) характерні для похованих ґрунтів верхньозавадівського горизонту в обох розрізах.

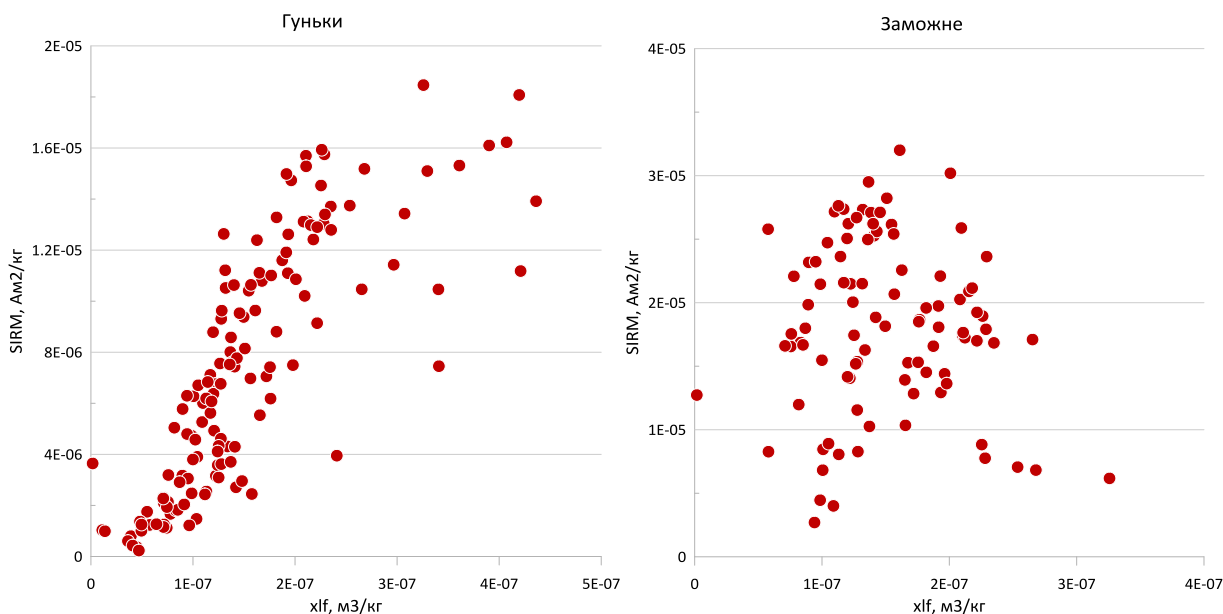


Рисунок 1 – Співвідношення концентраційно-чутливих магнітних параметрів розрізів Гуньки і Заможне.

Співвідношення концентраційно-чутливих петромагнітних параметрів (χ_{lf} , χ_{hf} , SIRM) вказують на більшу кучність значень у розрізі Гуньки, що можна пояснити активними вторинними процесами, які деформували ґрунти у Заможному (рис. 1). Втім, в обох розрізах вбачається типова «китайська модель» педогенезу, за винятком горизонтів з ознаками гідроморфізму.

Опосередковані структурно-чутливі параметри (відношення χ_{lf}/ARM , ARM/SIRM) свідчать про відносну перевагу псевдооднодомених магнітних зерен і, в нашій інтерпретації, чітко вказують на педогенну модель розвитку ґрунтів у Гуньках. Примітно, що за даними χ_{lf}/ARM ця модель не підтверджується у розрізі Заможне, однак за даними ARM/SIRM відстежується типова «педогенна» крива (не показано). Необхідні додаткові гістерезисні виміри для дослідження цього явища.

За магнітно-мінералогічними параметрами (S та HIRM) зразки чітко поділяються на дві групи (рис. 2): з домінуванням «магнітом'якого» мінералу – магнетиту (значення S наближається до 1, значення HIRM понижені) та з домішкою «магнітожорсткого» мінералу – гематиту (величина S становить 0,7–0,9; значення HIRM підвищені). Ця зворотна залежність обох параметрів добре ілюстрована на рис. 2. Відношення цих параметрів з χ_{lf} та SIRM відповідно, вказує як на магнітну жорсткість, так і на концентрацію магнітної

фракції, знову підтверджуючи «китайську» модель формування суперпарамагнітних зерен у ґрунтах.).

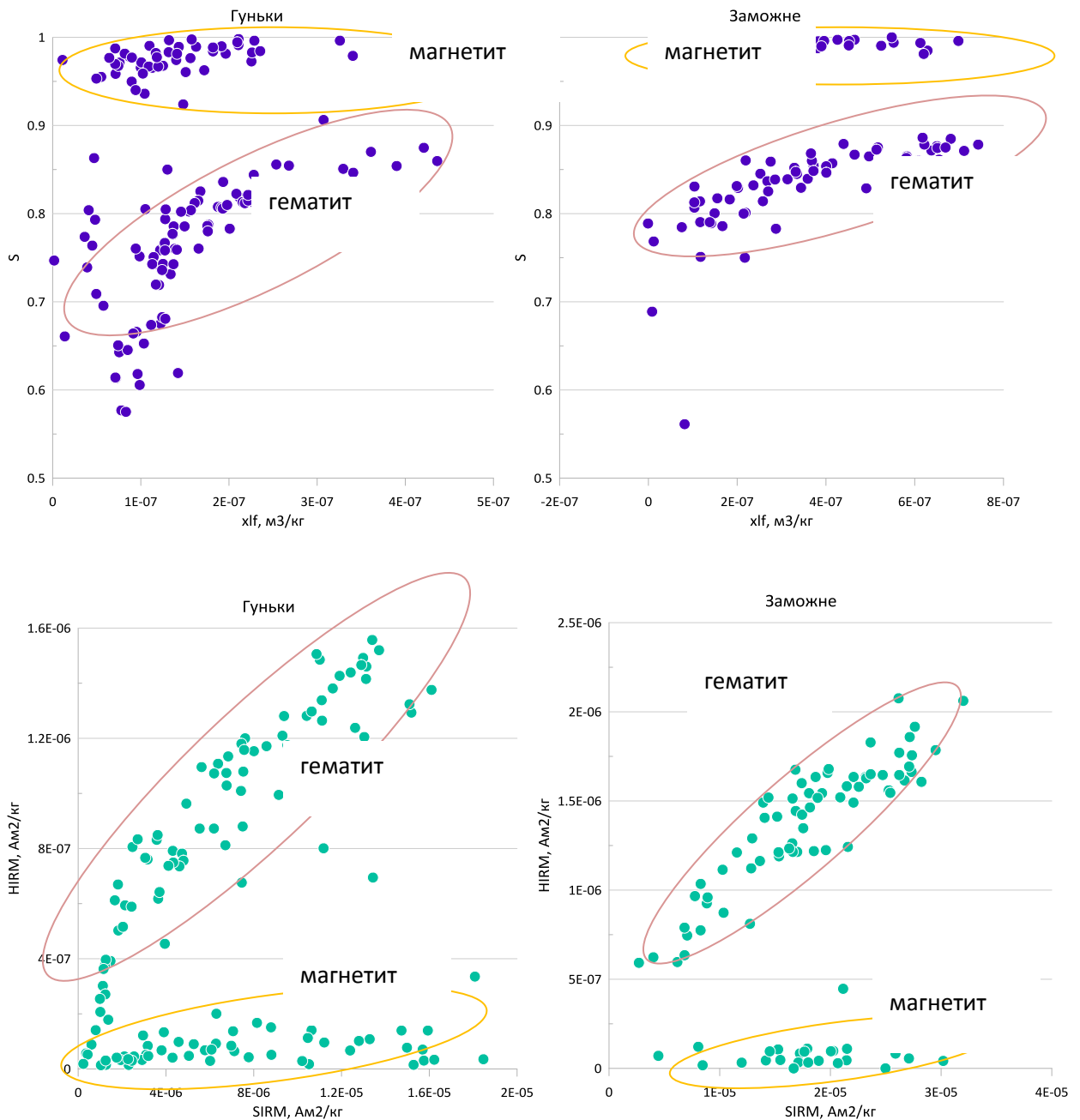


Рисунок 2 – Співвідношення магнітно-мінералогічних магнітних параметрів розрізів Гуньки і Заможне.

Таким чином, для розрізів Полтавської рівнини вперше встановлено «китайську» модель педогенезу, що робить їх зручними для комплексних палеокліматичних досліджень. У 2/3 зразків виявлено значний вклад у магнітну фракцію гематиту, який є стабільнішим носієм первинної залишкової намагніченості, тому слід очікувати на інформативні палеомагнітні та магнітостратиграфічні результати. У розрізах, найбільших

значень петромагнітні параметри досягають у добре розвиненому верхньозавадівському горизонті (zv₃), що є типовим для північних лесових розрізів (наприклад, В'язівок північніше на Придніпровській низовині, Удварі-У2А на Паннонській рівнині в Угорщині).

ЛІТЕРАТУРА

1. *Hlavatskyi D., Bakhmutov V.* Early–Middle Pleistocene Magnetostratigraphic and Rock Magnetic Records of the Dolynske Section (Lower Danube, Ukraine) and Their Application to the Correlation of Loess–Palaeosol Sequences in Eastern and South-Eastern Europe // *Quaternary*, 2021, № 4, 43.

УДК 550.83+550.837:550.82 (477.63)

ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОРОЗВІДКИ ПРИ ПОБУДОВІ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ МОДЕЛІ ПІДЗЕМНИХ ВОД

Яремій С.О., Пігулевський П.Г., Логвін В.М., Кирилюк О.С.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»,
м. Дніпро, Україна, yaremiy0602@gmail.com

USE OF ELECTRICAL EXPLORATION IN THE CONSTRUCTION OF A HYDRODYNAMIC MODEL OF GROUNDWATER

Yaremi S.O., Pigulevskiy P.G., Logvin V.M., Kirilyuk O.S.

Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine,
yaremiy0602@gmail.com

The relationship between the geoelectrical properties of the sedimentary cover made it possible to generalize the materials of the EEZ in the territory of South Kryvbas with the aim of identifying potential zones of increased permeability of rocks, zones of possible filtration of mineralized waters and studying the features of the geological section.

Вступ. Гідродинамічний і гідрохімічний режими основних водоносних горизонтів території Південного Кривбасу вивчалися на підставі аналізу даних моніторингу режимної мережі, виконаних інститутом УкрНДІводоканалпроект. Їх зміни за останні десятиліття пов'язані з деформацією (тріщини, воронки) суглинного горизонту. Наявність зон підвищеної проникності та можливих неотектонічних коливань, приурочених до розломів у земній корі) дозволяють мінералізаційним водам з шахт та кар'єрів, які скидаються в шламосховища та ставки накопичувачі, залишатися потенційно небезпечними об'єктами з погляду шкідливого впливу на підземні води території досліджень.

На положення рівня ґрунтових вод впливають, в основному, природні кліматичні фактори. Спостерігаються локальні підняття рівня ґрунтових вод, які викликані техногенними причинами – витоками з водонесучих комунікацій, очисних споруджень, поривами пульпопроводів, виходом з ладу елементів дренажних систем.

Локальні підняття – звичайно приурочені до таких великих техногенних форм рельєфу, як відвали розкривних порід, які мають акумулюючу здатність і являються джерелом порушення режиму підземних вод [1-3]. Вони розташовуються на лісовидних суглинках і, частково, алювіальних відкладах, тому впливають, в основному, на четвертинний водоносний горизонт. Однак визначити правдиві розміри «купола» і режим підвідвальних вод шляхом натурних досліджень досить проблематично, і дане питання вимагає подальших досліджень сучасними геофізичними методами.

Враховуючи, що підземні води з шахт та кар'єрів мінералізовані тому нами було запропоновано використання електророзвідки методом вертикального електричного зондування (ВЕЗ).

Методика інтерпретації робіт методом ВЕЗ. Для побудови гідродинамічної моделі геофільтрації була виконана переінтерпретація матеріалів електророзвідки, виконаних Дніпропетровської геофізичної експедицією «Дніпрогеофізика» в 2018 р. і 2020 р. Дослідження виконувалися для довивчення потенційних зон підвищеної проникності гірських порід, зон можливої фільтрації високомінералізованих вод і встановлення особливостей геологічного розрізу осадових порід за геоелектричними властивостями по профілях ВЕЗ. При цьому вирішувались наступні задачі:

- визначення глибини залягання рівня ґрунтових вод;
- картування (виділення) потоків мінералізованих підземних вод по зонах підвищеної проникливості;
- визначення зв'язку зон підвищеної проникливості з розвитком неотектонічних процесів;
- визначення межі районів активізації процесів підтоплення та розвитку процесів карстоутворювання на досліджуваній території.

Потреба в додатковій інформації про структуру водоносного комплексу і параметри неоген-четвертинних відкладів обумовила необхідність побудови геолого-геофізичних розрізів за результатами електророзвідки (ВЕЗ). Ці розрізи в подальшому були покладені в основу комплексної інтерпретації результатів геофізичних досліджень.

Для мінімізації підвищеного рівня промислових перешкод у промзоні, що приводить до зниження точності вимірів геоелектричного опору, було застосовано кілька програмних комплексів, які дозволяють виконувати різні види звичайної та адаптивної фільтрації, використовуючи специфічні алгоритми (COSCAD-3D, SURFER і ін.).

За результатами геоелектричних робіт методом ВЕЗ були побудовані вертикальні геофізичні розрізи по профілях і розраховані вектори градієнтів за значеннями уявного опору (рис. 1).

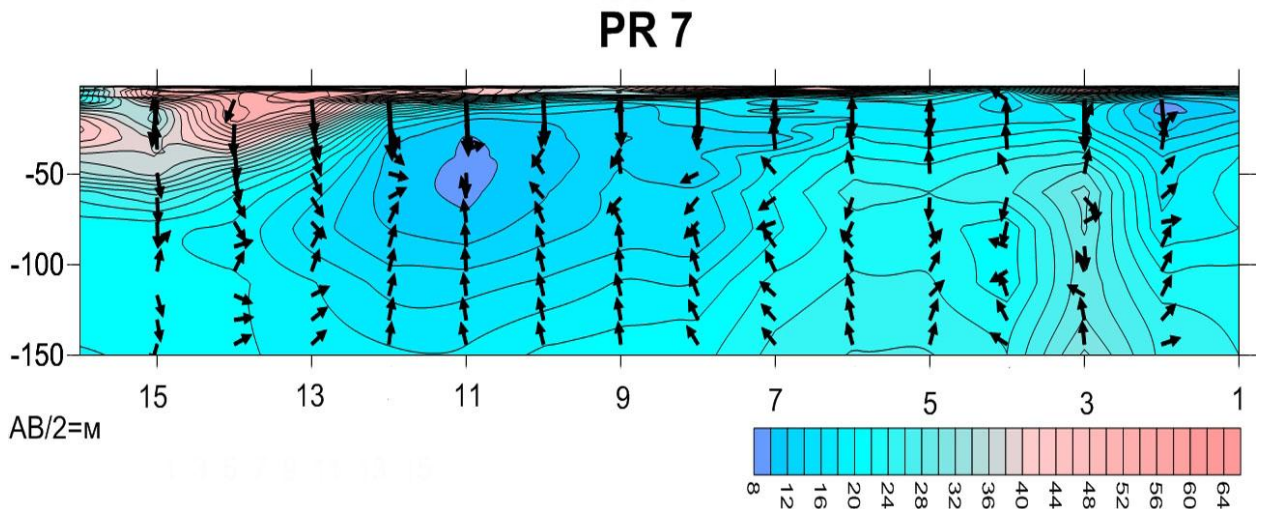


Рисунок 1 – Результати первинної обробки по геоелектричному профілю 7D, спостереженому в травні 2020 р. з векторами напрямків зміни геоелектричного опору на розрізі.

Коротко про результати досліджень. Як показано на рис. 1, на розрізі виділяються ділянки з підвищеними та зниженими значеннями уявного опору, які мають як близьку до ізометричної, так і сильно витягнуту (лінійні та подковообразні) форми. Ділянки, де розташовані аномалії зі зниженими значеннями (синій колір), як правило, пов'язані з зонами фільтрації підземних мінералізованих вод. Їхнє поширення по глибині на окремих інтервалах профілю носить перемінний характер. У східній частині профілю основний обводнений горизонт розташовується на відмітках від 5 до 30 м. У районі пікетів 4, 7 і 9 можна спрогнозувати їхній вихід на денну поверхню у вигляді джерел. На захід від 12 пікету більш високоомний масив значно розширюється на глибину та показує, що в розрізі з'являються водотривкі породи. Попередній аналіз рисунка свідчить про наявність, як мінімум 4 тектонічних зон розломів з різними особливостями стратиграфічного розрізу та ступенем обводнення. Різка мінливість розрізу уздовж короткого профілю вказує на наявність розломно-блокової тектоніки, і можливо, насувної характер Склеватської зони в східному напрямку [3].

Значна різниця електричного опору в межах одного стратиграфічного горизонту може бути пов'язана зі змінами у петрофізичному стані або у літологічному складі порід. Зміни у петрофізичному стані – часткове розчинення (закарстованість) та розуцільнення, характерні переважно для горизонтів вапняків. Фаціальні зміни літологічного складу притаманні для піщано-глинистих товщ.

Висновки. Дослідження розподілу геоелектричних властивостей осадового чохла дозволили виконати по території і на різних глибинних рівнях узагальнення з метою виділення потенційних зон підвищеної

проникності гірських порід, зон можливої фільтрації мінералізованих вод і вивчення особливостей геологічного розрізу на межі осадові – скальні породи. В підсумку було отримано оновлену інформацію про будову осадового чохла на межі кристалічного фундаменту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пігулевський П.Г., Свистун В.К., Кирилюк О.С. Дослідження геоелектричними методами інженерно-геологічного стану південно-західного Кривбасу. Частина 2. Результати застосування геоелектричних методів при обстеженні ділянок підтоплення / *Geoinformatica*. – 2016. – № 4 (60). – С. 62-74.
2. Пігулевський П.Г., Свистун В.К., Кирилюк О.С. Дослідження геоелектричними методами інженерно-геологічного стану південно-західного Кривбасу. Частина 3. Результати застосування геоелектричних методів при вирішенні інженерно-геологічних задач // *Геоінформатика*. – 2017. – № 2 (62). – С. 55-63.
3. Пігулевський П.Г., Свистун В.К. Геофізичні дослідження процесів підтоплення в промисловому Кривбасі. – Харків. ФОП Мезіна В.В., 2018. – 210 с.

УДК 556.3:504.4

РОЛЬ ВОДНОГО ЧИННИКА У ФОРМУВАННІ ЗДОРОВ'Я СПОЖИВАЧІВ ПІДЗЕМНИХ ВОД ТА ОЦІНКА РИЗИКІВ ВИНИКНЕННЯ МІКРОЕЛЕМЕНТОЗІВ

Кошлякова Т.О.

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН
України, м. Київ, tatianakoshliakova@gmail.com

THE ROLE OF THE WATER FACTOR IN FORMING GROUNDWATER CONSUMERS' HEALTH AND ASSESSMENT OF THE RISKS OF ENDEMIC DISEASE OCCURRENCE

Koshliakova T.O.

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the
National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, tatianakoshliakova@gmail.com

A review of modern scientific literature on the influence of drinking groundwater mineral composition on the population health is presented. The necessity of using a complex approach, which involves the use of highly sensitive analytical methods of water analysis, thermodynamic modeling of the migration forms of chemical elements in aqueous solution, as well as a system of biogeochemical criteria and monitoring parameters of trace elements, is well-founded. This approach will make it possible to identify biogeochemical provinces and endemics, assess the real threat to human health and justify the need to develop appropriate preventive measures.

Як зазначають Т.А. Сафранов зі співавт. [1], збалансованість мінерального складу питних вод є не тільки показником їх якості, але й важливим чинником формування здоров'я населення. Стабільність хімічного складу організму людини – одна з найважливіших та обов'язкових умов його нормального функціонування. Відхилення вмісту макро- і мікроелементів в організмі від норми, зумовлене фізико-географічними, антропогенними та іншими факторами, призводить до порушення гомеостазу. До екологічно-зумовлених захворювань належать «біогеохімічні ендемії» або мікроелементози – це захворювання (симптоми), які зумовлені недостатністю, надлишком або дисбалансом мікроелементів в організмі.

Вивченню проблеми забруднення питних підземних вод, а також впливу надлишку чи нестачі мікроелементів на здоров'я населення, що їх споживає, присвячено низку вітчизняних та закордонних публікацій. В усьому світі збільшується інтерес до проблем нормування мінерального складу питних вод та прогнозування їх впливу на здоров'я населення [2]. Дані про можливі патологічні стани організму людини, що обумовлені не лише надлишком, але

і дефіцитом есенційних (біологічно значимих) елементів свідчать про важливість їх врахування при прогнозуванні ризиків для здоров'я людини.

У роботі [3] В.М. Шестопалов та Н.Б. Овчиннікова наголошують на тому, що на сьогоднішній день сучасна наука не може дати вичерпну науково обґрунтовану відповідь на запитання про вплив на здоров'я людини хоча б тієї частини складу води, яка представлена неорганічними речовинами природного походження. На думку авторів, проблема полягає у тому, при виконанні традиційного хімічного аналізу оцінюється вплив вмісту основних іонів без урахування їх форм і комплексів. Науковці наголошують, що організм людини реагує не просто на валовий вміст якогось іона, а строго на вміст певної речовини. Тому, якщо ми хочемо зрозуміти, як впливає питна вода на організм, які ризики та наслідки очікують здоров'я населення та наступних поколінь при тривалому споживанні води якогось визначеного складу, ми повинні розглядати склад води якомога точніше, а не приблизно [3]. У публікації [4] зазначається, що через природну лабільність кількісного та якісного складу питної води вирішити задачу встановлення залежності між захворюваністю та якістю питної води із застосуванням одних лише лінійних методів апроксимації є нераціональним. Необхідно здійснити перехід від існуючої системи оцінки якості питної води за принципом «відповідає – не відповідає» до можливості встановлення кількісних та/або якісних критеріїв шкідливих ефектів для здоров'я населення, обумовлених впливом екологічного стану джерел питного водопостачання.

У контексті здоров'я людини поняття ризику у науковій медичній літературі виникло в середині ХХ століття. Усі сучасні визначення терміну ризик та спроби пояснити дане поняття є умовними. Але ризик можна визначити як вірогідність розвитку несприятливого та негативного «ефекту у індивідуума або групи людей при впливі певної дози та концентрації небезпечного агента в конкретних умовах» [5]. Традиційно в англійській літературі розділяють поняття «ризиків погіршення здоров'я людини» (human health risk) і «ризик порушення стану природного навколишнього середовища» (environmental risk). У вітчизняній літературі ці поняття об'єднуються за загальною назвою «екологічний ризик», оскільки, зазвичай, стан природного навколишнього середовища цікавить нас у плані його впливу на здоров'я та благополуччя людини. Згідно [6], екологічний ризик можна розглядати у двох аспектах: потенційному та реальному. Проте при оцінюванні екологічної безпеки питного водопостачання перевагу слід надавати потенційному екологічному ризику. З цих позицій Д.О. Крисінська та Л.П. Клименко пропонують застосовувати ризик-орієнтовані методи [6].

З метою визначення ступеня екологічного ризику для здоров'я людини В.В. Єрмаков [7] пропонує застосовувати біогеохімічні критерії, в основу яких покладені результати епідеміологічних, санітарно-гігієнічних та біогеохімічних досліджень. Перевагою цих критеріїв є те, що вони носять системний характер. Визначення граничних (критичних) концентрацій хімічних елементів та біогеохімічна модель гомеостазу лежать в основі

еколого-біогеохімічних критеріїв, які представлені графічно на рис. 1. Дана схема відображає загальний закон розподілу, відомий в екології під назвою закону мінімуму Ю. Лібиха або закону біологічної резистентності Ламотта.

Таким чином, встановлення впливу компонентів хімічного складу питних підземних вод на здоров'я людини є складним питанням. Для його вирішення необхідно застосовувати сучасні високочутливі аналітичні методи аналізу води, термодинамічне моделювання форм міграції хімічних елементів у водному розчині, а також науково-обґрунтовану систему критеріїв та параметрів моніторингу мікроелементозів. Цей комплексний підхід дасть можливість виявляти біогеохімічні провінції та ендемії, оцінювати реальну загрозу для здоров'я людини та обґрунтовувати необхідність розробки відповідних превентивних заходів.

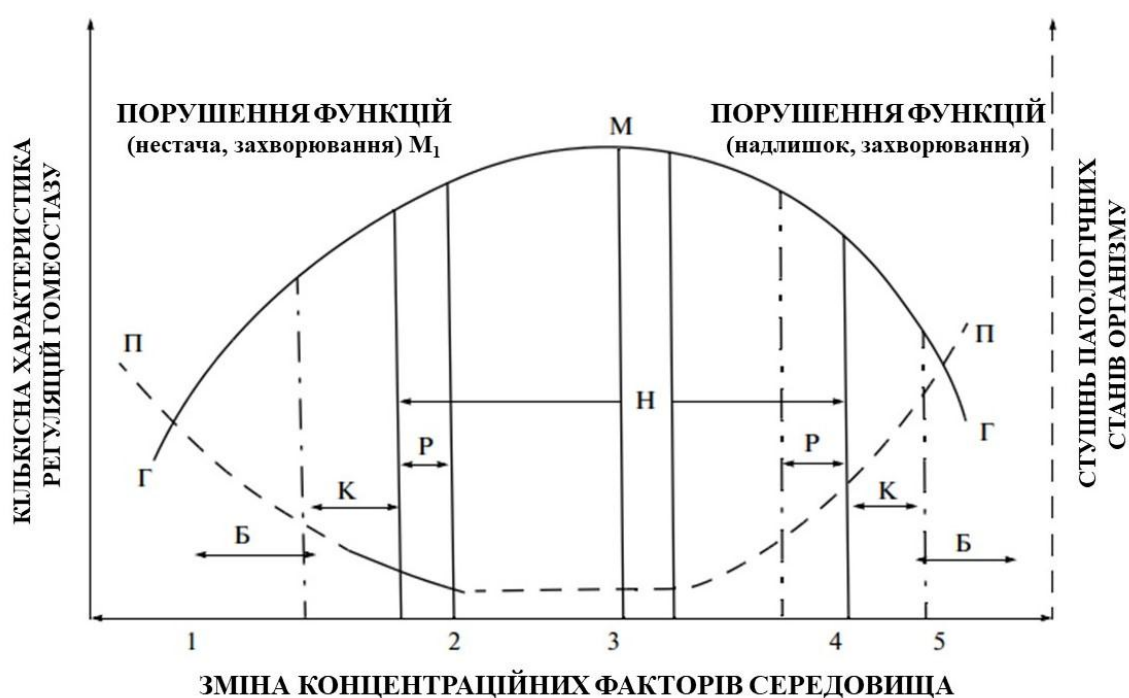


Рисунок 1 – Залежність регуляторних фізіологічних функцій організму (Г) та ступеня його патологічних станів (П) від концентраційних факторів середовища за [7]: 1 – стан нестачі хімічних елементів; 2 – нижня критична (гранична) концентрація (межа), 3 – інтервал нормальних концентрацій (ємність гомеостазу, що відповідає відносно задовільному екологічному стану середовища (Н)); 4 – верхня критична (гранична) концентрація; 5 – умови надлишку хімічних елементів або їх сполук; М – потенційна середня оптимальна потреба організму в хімічних елементах; M_1 – ймовірне значення фізіологічної мінімальної потреби в хімічних елементах; Б, К, Р – інтервали концентрацій хімічних елементів та їх співвідношень, що відповідають зонам екологічного лиха, кризи та ризику.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сафранов Т.А., Грабко Н. В., Поліщук А.А., Трохименко Г.Г. Збалансованість мінерального складу питних вод як чинник впливу на здоров'я населення міських агломерацій північно-західного Причорномор'я // Вісник Одеського державного екологічного університету, 2016. № 20. С. 5–17.

2. Мокієнко А.В. Мінеральний склад питних та мінеральних вод як фактор впливу на здоров'я населення (огляд літератури) // Вода: гігієна и екологія, 2015. № 1–2(3). С. 50–60.
3. Шестопалов В.М., Овчиннікова Н.Б. Дослідження рівноважного стану води та проблема впливу питної та мінеральної води на здоров'я людини // Геологічний журнал, 2017. № 1(358). С. 23–36.
4. Шестопалов В.М., Овчиннікова Н.Б. Подземные воды и здоровье? // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності, 2003. № 1. С. 19–32.
5. Прибилова В.М., Качан А.М. Хімічний склад підземних вод Харківської області як фактор ризику для здоров'я населення // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія», 2017. Випуск 46. С. 37–45.
6. Крисінська Д.О., Клименко Л.П. Експериментальні дослідження якості питної води та оцінювання екологічної безпеки питного водопостачання // Науковий вісник НЛТУ України, 2021. № 31(1). С. 147–151.
7. Ермаков В.В. Геохимическая экология и биогеохимические критерии оценки экологического состояния таксонов биосферы // Геохимия, 2015. № 3. С. 203–221.

УДК 550.424.4

ПРОГЕННА ДЕГРАДАЦІЯ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ЧОРНОБИЛЬСЬКОГО РАДІАЦІЙНО-ЕКОЛОГІЧНОГО БІОСФЕРНОГО ЗАПОВІДНИКА

Сплодитель А.О.

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка
НАН України, м. Київ, Україна, asplodytel@gmail.com

PYROGENIC DEGRADATION OF SOIL COVER OF THE CHERNOBYL RADIATION AND ECOLOGICAL BIOSPHERE RESERVE

Splodytel A.O.

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, asplodytel@gmail.com

The regularities of heavy metals distribution in pyrogenic soils of the Chernobyl Radiation and Ecological Biosphere Reserve are analyzed. The physicochemical properties of the background and post-pyrogenic soils were determined. It was found that the concentrations of gross forms of the studied anthropogenic metals have several times higher values compared to the background soil.

Окупація Зони відчуження у лютому-березні 2022 р. рф, окрім порушення ландшафтів військовою технікою та облаштуванням оборонних об'єктів, також спричинила пожежі. Все це негативно вплинуло на ґрунтовий покрив території Заповідника. Наслідки масштабних пожеж у ландшафтах спричинили негативні фізико-хімічні зміни ґрунтів та зростання вмісту важких металів.

Ґрунтовий покрив Заповідника характеризується домінуванням дерново-підзолистих піщаних, пилувато-піщаних, супіщаних, рідше неоглеєних та

різного ступеня оглеєння, що характерні для ландшафтів субгоризонтальних розчленованих горбисто-моренних та моренно-воднольодовикових рівнин та ландшафтів субгоризонтальних горбисто-западинних гляціодепресійних рівнин у зниженнях дольодовикового рельєфу, а також для надзаплавно-терасових рівнин. Ці ґрунти формують фон ґрунтового покриву території досліджень [2].

З метою вивчення рівня пірогенного впливу на ґрунтовий покрив відібрано зразки ґрунту зі свіжого згарища та фонові території, які характеризуються однотипними ландшафтно-геохімічними умовами. Валовий вміст важких металів визначався мас-спектральним (ICP-MS) та емісійним спектральним (ICP-OES) методами в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України та Інституті загальної та екологічної хімії Лодзького технологічного університету. Хіміко-аналітичні дослідження проведено в сертифікованих лабораторіях Інституту загальної та екологічної хімії Лодзького технологічного університету в рамках проекту «Охорона природи та конфлікт в Україні: Визначення збитків, завданих війною природним заповідникам в Україні».

В профілі дерново-підзолистого глибоко-слабоглеюватого постпірогенного піщаного ґрунту виявлено зміни в будові поверхневих горизонтів (Рисунок). Наявність пірогенного впливу яскраво виражена в руйнуванні лісової підстилки та заміною його на техногенний горизонт з численними вуглинками (діаметром 0,5-0,7 мм). Гумусово-елювіальний горизонт світло-сірого кольору з темними включеннями, що свідчить про фільтрацію пірогенного органічного матеріалу. Потужність горизонту вкорочена на 30-35%, перехід до ілювіального горизонту язикоподібний з численними затіками. Ілювіальний горизонт більш ущільнений за попередній з плямами та вкрапленнями бурого кольору. З глибини 25-30 см в профілі сліди пірогенного впливу відсутні, морфологічні ознаки ілювіального горизонту збережені за фоновим типом [2].



Техн. 0–6см – темно-сірий, обвуглений, з сильними ознаками пірогенного впливу, перехід помітний за кольором, межа язикоподібна; (Техн. – техногенний, горизонт порушений пожежею)

Нетехн. 6–21 см – гумусо-елювіальний, світло-сірий, піщаний, безструктурний, слабоущільнений, свіжий на дотик, присипка SiO_2 , в горизонті зосереджена основна маса коріння деревної і трав'янистої рослинності, перехід до горизонту I(gl) поступовий, помітний за щільністю та кольором;

I (gl) 21–42 см – ілювіальний, темно-сірий з білуватістю, слабогумусований, піщаний, безструктурний, слабоущільнений, вологий на дотик, по гранях структурних агрегатів затіки озалізного матеріалу бурувато-охристого забарвлення, поодинокі корінці рослин, червоточини, ходи землеріїв, перехід до горизонту Igl помітний за щільністю.

Дерново-підзолистий глибоко-слабоглеюватий постпірогенний піщаний ґрунт

Рисунок 1. Профіль дерново-підзолистого глибоко-слабоглеюватого постпірогенного піщаного ґрунту (Фото та опис: Анастасії Сплодитель)

Для ґрунтів в природному стані характерний невисокий вміст гумусу в верхньому акумулятивному горизонті близько 0,5-0,6%, однак у зразку із згарища вміст гумусу знизився в 2,5 рази, з 0,67 до 0,25 (Таблиця 1). У складі гумусу виявлено зростання частки гумінових кислот. Встановлено, що кислотно-лужна реакція за показником рН у ґрунтах, при згорянні підстилки збільшується до 6,1 при фоновому вмісті 4,7 що пояснюється насиченням поглинаючого комплексу ґрунтів лужноземельними елементами. Надалі спостерігатиметься поступове вимивання цих елементів та відновлення природного рівня рН. Вплив пожежі також ініціює зниження вмісту магнію та фосфору [2].

Таблиця 1. Результати вимірювання фізико-хімічних властивостей ґрунтів

Горизонт	рН	Обмінні катіони, мг.- екв./100г ґрунту		Гумус, %	Азот, мг/100 г ґрунту	Фосфор, мг/100 г ґрунту (по Чирикову)
		Ca ²⁺	Mg ²⁺			
Згарище						
Тех.	6,1	3,73	0,26	0,25	0,19	36,4
Фон						
Не	4,7	1,82	0,45	0,67	0,05	52,4

З часом значення рН, обмінні катіони та вміст гумусу зростатимуть, що пояснюється зниженням реакції ґрунтів на пірогенний вплив та зростанням компенсаторних функцій ландшафтів [3].

За отриманими результатами, у пробах ґрунту з горільника концентрації валових форм всіх досліджуваних техногенних металів мають в рази підвищені значення порівняно з фоновим ґрунтом (Таблиця2).

Таблиця 2. Валовий вміст важких металів в фонових та деградованих пірогенним впливом ґрунтах Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника, (мг/кг)

Ґрунт	Ni	Co	V	Cr	Cu	Pb	Zn
Згарище	75,0	1,7	28,0	17,0	32,0	45,0	52,0
Фон	15,0	0,8	12,0	8,0	10,0	12,0	20,0
ГДК [1]	20	-	-	100	33	32	55

Внаслідок пірогенного впливу фізико-хімічні властивості ґрунтового покриву Заповідника зазнали змін. Зниження вмісту водорозчинних сполук та нейтралізація рН сприяють мінералізації органічних речовин (зростання

вмісту Ca^{2+}) та диференціації ґрунтового профілю в умовах підвищеного впливу техногенних металів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Дмитриев М.Т., Казнина Н.И., Пинигина И.О.* Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде: справочное издание. — М.: Химия, 1989. 368 с.
2. *Сплодитель А.О.* (2023): Сучасний еколого-геохімічний стан ґрунтового покриву ландшафтів Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника. Науково-практичний журнал Чорнобильського наукового хабу, м. Київ, травень 2023, 67-75.
3. *Arocena J. M., Opio C.* Prescribed fire-induced changes in properties of sub-boreal forest soils. *Geoderma*. 2003. Vol. 113. P. 1-16.