

ГЕОЛОГІЯ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 553 (477)

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.100.09>

В. Михайлов, д-р геол. наук, проф.,

E-mail: vladvam@gmail.com,Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна**ВИСОКОПЕРСПЕКТИВНІ ОБ'ЄКТИ МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННОЇ БАЗИ УКРАЇНИ.
ЧАСТИНА 1. МЕТАЛІЧНІ КОРИСНІ КОПАЛИНИ***(Представлено членом редколегії д-ром геол. наук, доц. С.Є. Шнюковим)*

Наведено стислий опис високоперспективних об'єктів мінерально-сировинної бази металічних корисних копалин України, до яких віднесено такі родовища і прояви: комплексне карбонатитове рідкіснометалічно-апатитове Новопопелівське родовище (РЗЕ, Nb, Ta, P₂O₅); комплексне цирконій-рідкісноземельно-ніобієве Мазурівське (Октябрське) родовище (РЗЕ, Zr, Nb); комплексне рідкісноземельно-цирконієве Азовське родовище (РЗЕ, Zr); рідкісноземельне Анадольське родовище (РЗЕ); рідкісноземельні рудопояси Петрово-Гнупівський (РЗЕ) і Балка Корабельна (РЗЕ); розсіпні комплексні ільменіт-цирконієві родовища Малишевське (Ti, Zr) і Тарасівське (Ti, Zr); корінне комплексне рідкісноземельно-цирконієве Яструбецьке родовище (РЗЕ, Zr); Шевченківське родовище сподуменових руд (Li); Полохівське родовище петалітових руд (Li); Станкуватське родовище сподумен-петалітових руд (Li); прояв Крута Балка (Li); Жовторіченське комплексне залізо-уран-ванадій-скандієве родовище (Sc, Fe, U, V); вугілля Донецького басейну (Ge). Ці родовища серед металічних корисних копалин України мають найвищий рівень інвестиційної привабливості, найнижчі ризики інвестиційних вкладень, характеризуються середнім рівнем конкуренції і можуть бути рекомендовані як першочергові об'єкти для інвестування в їх вивчення і промислове освоєння. Для визначення перспектив інвестування конкретних об'єктів необхідна попередня геолого-економічна оцінка доцільності та рентабельності їх промислового освоєння.

Ключові слова: мінерально-сировинна база, родовище, стратегічні корисні копалини, інвестиційна привабливість.

Постановка проблеми. Одним з інструментів повного відновлення України є залучення інвестицій у розробку об'єктів її мінерально-сировинної бази (МСБ), для чого треба провести оцінку їх інвестиційної привабливості та оцінити ризик капіталовкладень в їх вивчення і освоєння. Насамперед, інтерес становлять стратегічні та критичні види корисних копалин (*Мировой рынок...*, 2020; *Мировые запасы...*, 2019; *Mineral Commodity...*, 2021; *Rare Earth...*, 2020; *World Mining...*, 2021).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням характеристики МСБ України присвячена значна кількість робіт, де охарактеризована структура МСБ України й описані найважливіші види стратегічних і критичних видів корисних копалин (*Гурський та ін.*, 2006; *Гурський*, 2008; *Інвестиційний атлас...*, 2021; *Михайлов та ін.*, 2007; *Мінеральні ресурси...*, 2020; *Рудько, Бала*, 2021; *Mykhailov et al.*, 2022).

Виділення нерозв'язаних раніше частин загальної проблеми. В попередній статті (*Михайлов та ін.*, 2022) проведено системний аналіз МСБ стратегічних корисних копалин України і виділено чотири групи об'єктів щодо їх інвестиційної привабливості (традиційні, високоперспективні, перспективні і з нез'ясованими перспективами), але відсутній опис конкретних об'єктів, які можуть становити першочерговий інтерес для потенційних інвесторів.

Формулювання цілей статті. Основною метою статті є стисла характеристика високоперспективних об'єктів МСБ металічних корисних копалин України для встановлення їх інвестиційної привабливості, що може бути корисним для потенційних інвесторів.

Викладення основного матеріалу. До високоперспективних видів металічних корисних копалин в Україні віднесено рідкісні землі, цирконій, літій, скандій, германій (рис. 1). Наведено стислу характеристику найперспективніших родовищ цих елементів з погляду інвестиційної привабливості.

Рідкісні землі. Україна є найбільшою рідкісноземельною металогенічною провінцією Європи, має значні ресурси РЗЕ. Тут відомі родовища як традиційних типів, пов'язані з карбонатитами (Новопопелівське) та

маріуполітами (Мазурівське), так і нетрадиційних: багаті цирконієві та рідкісноземельно-цирконієві руди безнефелінових сієнітів (Азовське, Анадольське, Яструбецьке), багаті церієві руди (Петрово-Гнупівський прояв), польовошпатові метасоматити (прояв Балка Корабельна); кори вивітрювання (Хашуватське); монацитовмісні розсіпи Волино-Подільського і Приазовського районів Українського щита (УЩ). Цей вид сировини є стратегічно важливим для економіки нашої країни, хоча її родовища поки не розроблюються (*Гурський*, 2008; *Михайлов*, 2010).

З них спеціальні дозволи (ліцензії) на розвідку та видобуток мають на Яструбецькому родовищі (ділянка Яструбецька) ТОВ "ЦФР Груп", а на Анадольському полі в Приазов'ї – ТОВ "РМ Майнінгз"; пропозиції для ліцензування відкриті для Азовського родовища (ділянки), Стародубівського та Діанівського проявів у Донецькій області, Гурівського прояву у Дніпропетровській області. Загальні запаси рідкісноземельних руд в Україні оцінюються в 2,6 млрд т, запаси TR₂O₃ – 2,2 млн т, а ресурси TR₂O₃ – 3,4 млн т (*Мінеральні ресурси...*, 2020).

Україна має свої переваги щодо розвитку мінерально-сировинної бази РЗЕ, які пов'язані з наявністю комплексних родовищ і рудопоясів, але їх промислове освоєння й довивчення потребує значних інвестицій. Позитивним фактором для наших об'єктів є розвинута інфраструктура видобувної промисловості майже в усіх регіонах та близькість до ринку європейських споживачів.

Вивченням рідкісноземельної мінералізації в Україні займалися численні колективи як виробничників (ДРГП "Північгеологія", КП "Південьукргеологія", КП "Кіровогеологія", Схід ДРГП), так і науковців (ІГМР НАН України, ІГН НАН України, КНУ імені Тараса Шевченка та ін.) (*Гурський та ін.*, 2006; *Загнітко та ін.*, 2017; *Михайлов та ін.*, 2007, 2021; *Мінеральні ресурси...*, 2020; *Melnikov et al.*, 2000 та ін.).

Станом на 01.01.2019 р. у Державному балансі обліковувались запаси трьох родовищ: Новопопелівського, Азовського та Яструбецького. Всі вони комплексні. У 2019 р. поставлені на баланс попередньо розвідані запаси Анадольського родовища, для якого було надано спеціальний дозвіл на видобування.

Михайлов В., 2023

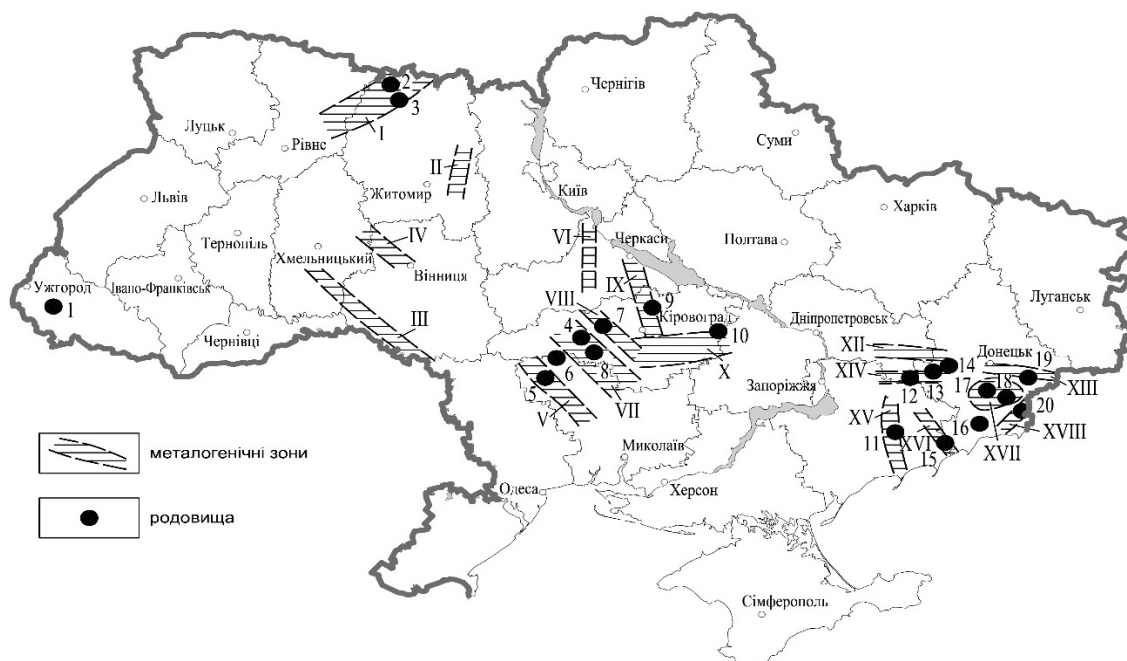


Рис. 1. Схема розташування рідкіснометалічних і рідкісноземельних родовищ України (Михайлов та ін., 2007):

Металогенічні зони: I – Сущано-Пержанська; II – Кочерівська; III – Подільська; IV – Хмельницька; V – Голованівська; VI – Звенигородська; VII – Липнязька; VIII – Хмельська; IX – Кіровоградська; X – Новоукраїнська; XI – Північнотерсянська; XII – Федорівська; XIII – Південнодонбаська; XIV – Гайчурська; XV – Чернігівська; XVI – Сорокинська; XVII – Октябрська; XVIII – Кальміуська. **Родовища:** 1 – Малобіганське (Ge); 2 – Яструбецьке (PЗЕ, Zr); 3 – Пержанське (Be); 4 – Станкуватське (Li, Ta, Nb); 5 – Лозоватське (PЗЕ, U, Th); 6 – Калинівське (PЗЕ, U, Th); 7 – Полохівське (Li, Ta, Nb); 8 – Південне (PЗЕ, U); 9 – Тарасівське (PЗЕ); 10 – Жовторіченське (Sc, U, Th, Fe, V); 11 – Новоополтавське (Nb, PЗЕ); 12 – Успенівське (PЗЕ); 13 – Шевченківське (Li); 14 – Воскресенівське (Li); 15 – Крута Балка (Ta, Nb, Li); 16 – Азовське (PЗЕ, Zr, Nb); 17 – Мазурівське (Nb, Zr); 18 – Анадольське (PЗЕ); 19 – Покрово-Київське (Be, PЗЕ); 20 – Петрово-Гнупівське (PЗЕ)

Було проведено ранжування об'єктів рідкісноземельної мінералізації за їх інвестиційною привабливістю (Михайлов та ін., 2021). При цьому промислова цінність родовища (прояву) визначалася за такими критеріями: ступінь геологічного і техніко-економічного вивчення; розмір родовища (прояву), обсяги запасів і ресурсів; вміст корисних компонентів (середні, мінімальні і максимальні значення); товщина і глибина залягання рудних тіл; складність геологічної будови, гірничо-геологічні і гірничо-технічні умови видобутку; комплексність родовища, наявність супутніх корисних компонентів; технологічні особливості процесу збагачення руд.

За результатами проведеного ранжування вітчизняних родовищ та проявів РЗЕ виділено групу найбільш інвестиційно привабливих об'єктів, до якої належать Новоополтавське, Мазурівське, Азовське, Анадольське родовища, рудопрояви Петрово-Гнупівський і Балка Корабельна.

Новоополтавське комплексне карбонатитове рідкіснометалічно-апатитове родовище Приазов'я в Запорізькій області локалізоване в карбонатах чернігівського комплексу в зоні Оріхово-Павлоградського розлому субмеридіонального простягання. Родовище належить до фосфор-рідкісноземельно-рідкіснометалічної рудної формації в карбонатах. Виділяються такі асоціації рідкіснометалічних мінералів: 1) гатчетолітова з баделейтом у кальцитових карбонатах; 2) монацит-церит-фергусонітова в кальцитових і доломіт-кальцитових карбонатах; 3) пірохлор-колумбітова з цирконом у карбонатитових фенітах; 4) пірохлор-цирконова в сієнітових лужних породах.

Апатитоносні карбонатити, нефелінові і лужні сієніти складають куліподібні крутопадаючі тіла завтовшки від 10–20 до 100 м, що протягуються на відстань від перших сотень метрів до перших кілометрів. Поклади

складені кальцитовими та кальцит-доломітовими карбонатитовими рудами, мають дайко- і штокоподібну форму, рудні мінерали представлені апатитом, присутні монацит, пірохлор, церієвий фергусоніт, колумбіт, гатчетоліт, циркон, баделейт, ортит, ешиніт і ферсміт. Середній вміст апатиту у карбонатитах становить 10%, іноді досягаючи 30–50 % у невеликих фоскоритових тілах.

Сумарний вміст РЗЕ сягає 0,17–4,6 %; Nb₂O₅ – 0,06–0,3 %; Ta₂O₅ – 0,002–0,003 %; P₂O₅ – 4,3 %. Головним рідкісноземельним мінералом є монацит, в якому вміст РЗЕ досягає 65 %. Монацит має низький вміст торію (0,1–0,3 %), що підвищує цінність концентрату цього мінералу. Крім того, РЗЕ зосереджені в апатиті (середній вміст 1,0–1,5 %, максимальний – 8–11 %), де переважають Се (0,6–1,1 %) і La (0,1–1,6 %), присутні Y (150–600 г/т), Sm (250–400), Eu (40–150), Tb (40–100), Yb (10–20), Lu (0,3–0,7 г/т). Вміст Sr зазвичай не перевищує 0,5–0,7 %, хоча іноді досягає 1,5–2,5 % і навіть 5 %. Вік мінералізації – 2,19–1,99 млрд років. У лінійних корах вивірювання (до 50–370 м) вміст корисних компонентів підвищується у кілька разів. Прогнозні ресурси родовища за аналогією зі світовими об'єктами такого ж класу, за оцінкою С.Г. Кривдика (Михайлов, Кривдик, 2004), можуть досягати 1 млн т монациту (до 500 тис. т РЗЕ) та 200 млн т апатиту (до 2 млн т РЗЕ) до глибини 500 м.

Практичний інтерес становлять кори вивірювання, де концентруються колумбіт і апатит, товщина яких в окремих ділянках, приурочених до зон розломів, може сягати 300 м.

Крім карбонатитів, рудними породами в межах Чернігівського комплексу можуть бути лужні піроксеніти з ільменітом, а також феніти, де вміст Nb₂O₅ становить 0,15–0,37 %, а цирконію – до 0,7–1,0 %. Рудні мінерали

представлені колумбітом, пірохлор-гатчетолітом та цирконом (Загнітко та ін., 2017).

Ресурси корінних комплексних руд (фосфор, тантал, ніобій, фтор) – 384,7 млн т (Михайлов та ін., 2007). Родовище детально розвідане і підготовлене до експлуатації. Передбачено розробку покладу до глибини 600 м з ціликом заввишки 100 м для перекриття нестійких порід кори вивітрювання. Розробку передбачено проводити знизу камерами із закладкою виробленого простору. За розрахунками лише вилучення РЗЕ з апатиту може окупити всі витрати на освоєння та експлуатацію родовища. ПРАТ "Волинська гірничо-хімічна компанія" отримала спеціальний дозвіл на видобування рідкіснометалічно-

апатитових руд Новоополтавського родовища. На сьогодні видобуток на родовищі не проводиться.

Мазурівське (Октябрьське) родовище в Донецькій області належить до комплексних цирконій-рідкісноземельно-ніобієвих. Воно приурочене до Октябрьського масиву нефелінових сієнітів з пірохлор-цирконієвими рудами в альбітитах та маріуполітах. Масив має форму овалу завдовжки 7–8 і завширшки 5–6 км, витягнутий у північно-східному напрямку (рис. 2). Він складений сублужними основними й ультраосновними породами (габро, піроксенітами, перидотитами), лужними й нефеліновими сієнітами (фойїтами, маріуполітами).

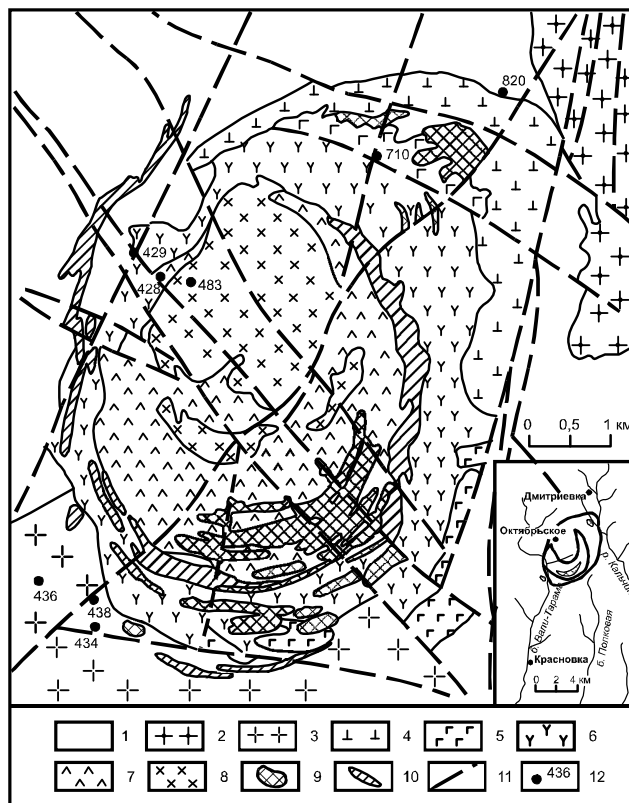


Рис. 2. Схема будови Октябрьського масиву (Донской та ін., 2004):

1 – хлібодарівський комплекс; 2 – анадольський комплекс; 3 – південнокальциєвий комплекс; 4–10 – октябрьський комплекс: піроксеніти (4), габро (5), лужні піроксеніти (6), фойїти (7), пулассіти (8), маріуполіти (9), лужні метасоматити (10); 11 – розломи; 12 – свердловини та їх номери

У північно-східній частині масиву серед габроїдів і піроксенітів виявлено чотири пологих (до 30–35°) плитоподібних тіл маріуполітів завтовшки від 1 до 79 м (Загнітко та ін., 2017). Породотвірні мінерали маріуполітів представлені нефеліном, альбітом, егірином, іноді мікрокліном; рудні мінерали в маріуполітах і пов'язаних з ними альбітитах представлені пірохлором, цирконом, бритолітом.

Зруденіння контролюється зонами інтенсивної альбітизації на трьох ділянках: Балка Мазурова (0,6×0,8 км), Балка Кошкодієва (0,4×0,5 км), Балка Долиннікова (0,2×0,1 км). Рудні тіла мають форму похило падаючих жиліподібних покладів завтовшки до 30 м, на яких у верхній частині сформована потужна каолінова кора вивітрювання. Рудні мінерали в альбітизованих нефелінових сієнітах, маріуполітах, мікроклін-нефелінових сієнітах представлені цирконом (0,1–1,8 %), і пірохлором (0,2–0,8 %). Кристали циркону здебільшого діпірамідальні, розміром 0,1–0,7 см, але відомі поодинокі знахідки кристалів завбільшки 4 см. Він зазвичай метаміктний,

непрозорий, коричнево-кавового кольору; широко розвинені скелетні й зональні форми. Вміст Hf в цирконі 0,62–1,05 %, РЗЕ – 0,14–0,31 %.

Наявність пірохлору визначає танталоніобієву рідкіснометалічну спеціалізацію родовища. Зустрічається він у вигляді октаедричних кристалів розміром 0,02–0,08 мм, зрідка – 0,5–1,0 мм, переважають кристали медово-жовтого кольору, які утворюють струменисті скупчення. За особливостями хімічного складу мінерал належить до ніобієвих відмін із вмістом Nb₂O₅ 43,60–56,45 %, Ta₂O₅ 3,10–5,42 %, РЗЕ – близько 6 %. Вміст РЗЕ у рудах у середньому становить 0,2 %, у бритоліті – 65 %, у пірохлорі – 1–5 %.

Планується комплексна розробка руд як глиноземистої сировини з попутним вилученням РЗЕ, для чого розроблені технологічні схеми (Донской та др., 2004). Прогнозні ресурси родовища – 200 тис. т TR₂O₃.

Азовське родовище в Донецькій області належить до нового промислово-генетичного типу, не має світових

аналогів. Воно розташоване в північно-східній частині Володарського масиву Приазовського блока; масив складений інтрузивними породами палеопротерозойського південнокальчицького комплексу. Родовище приурочене до серії сієнітових штоків, найбільший з яких – Азовський (1,3 км²), складений лужно-польовошпатовими, піроксен-

амфіболовими і кварцовими сієнітами і пегматитами палеопротерозойського південнокальчицького комплексу (Стрекозов *и др.*, 1998; Melnikov *et al.*, 2000). Широко розвинені амфіболові сієніти і лужні метасоматити. Виявлено 9 рудних тіл, представлених серпоподібними покладами завтовшки до кількох метрів (рис. 3).

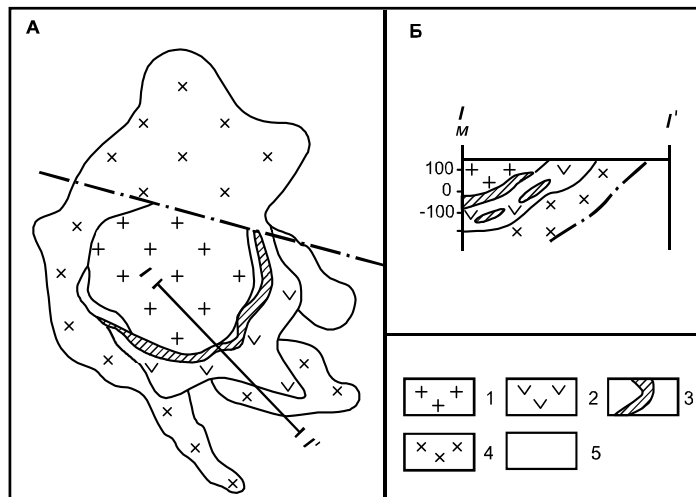


Рис. 3. Схема геологічної будови (А) та розріз (Б) Азовського родовища (Михайлов та ін., 2007):

- 1 – біотитові кварцові сієніти; 2 – такситові сієніти, диференційовані, розшаровані;
3 – рудні горизонти з цирконом та рідкісноземельними мінералами; 4 – плямисті сієніти, слабодиференційовані;
5 – вмісні фаяліт-геденбергітові сієніти Південнокальчицького масиву

Головне рудне тіло має довжину 1640 м, середню товщину 32 м. Рудоносні різновиди найчастіше представлені мезо- та меланократовими сієнітами (з ферогастингситом, геденбергітом, фаялітом), рідше лейкократовими. Руди вкраплені, рудні мінерали: брітолїт (переважає), бастнезит, ортит, циркон, монацит, чевкитин, ітріалїт, магнетит, рабдофанїт, флюорит. Середній вміст TR_2O_3 – 1,27 %, ZrO_2 – 1,5 % (Melnikov *et al.*, 2000). У технологічній пробі встановлено вміст (% від суми РЗЕ): Се – 46,8; La – 19,0; Nd – 18,5; Pr – 4,3; Sm – 3,3; Dy – 1,7; Er – 0,4; Tb – 0,3; Ho – 0,3; Tm – 0,1; Lu – 0,1 та Y – 0,5; у руді присутні U (0,0012–0,0142) та Th (0,0035–0,094 %).

Циркон утворює густу вкрапленість (1–3 мм), зростки зерен, рудні агрегати, зростки з польовими шпатами, амфіболами, рідкісноземельними мінералами. Брітолїт (головний рідкісноземельний мінерал) утворює вкрапленість, зростки і агрегати призматичних кристалів, неправильної форми з виділенням до 2–3 см у пегматоїдних ділянках. Перебуває в парагенезисі з цирконом, ортитом і рідкісним чевкитином. Брітолїт є комплексним рідкісноземельним мінералом, зазвичай переважають його істотно церієві різновиди, в меншій кількості зустрічаються ітрієві. Значний вміст Y (до 6–10 % від суми РЗЕ) підвищує промислову цінність сировини. Ортит асоціює із цирконом і брітолїтом, а в катаклазованих ділянках разом з магнетитом і флюоритом виповнює прожилки в польовошпатовій масі. Бастнезит спостерігається у вигляді окремих виділень, гніздоподібних скупчень, включень у цирконі, флюориті і жильних мінералах, у складі псевдоморфоз по брітолїту і ортиту. Містить (%): Y_2O_3 – 4,14, TR_2O_3 – 56,36; La – 12; Се – 21; а також (г/т): Sm – 105, Eu – 1070, Th – 2700, Yb – 42, Lu – 0,8.

Прогнозні ресурси родовища до глибини 300 м оцінюються в 56 млн т руди із середнім вмістом TR_2O_3 1,27 % (при бортовому – 0,4) та Zr_2O_3 – 1,5 %, або 710 тис. т TR_2O_3 , з яких 20 % представляють Y-лантанові іди, а також 840 тис. т Zr_2O_3 .

Технологічні дослідження руд показали можливість застосування схеми гравітаційно-магнітного збагачення їх зернистої фракції та флотаційного збагачення шламів. Переробка концентратів на селективні рідкісноземельні продукти можлива на Придніпровському хімзаводі (м. Кам'янське). Технологія гідрометалургійного очищення дозволяє переводити в розчин близько 72–97 % РЗЕ, які можуть бути легко екстраговані з нього за допомогою іонно-обмінної технології. Цирконовий концентрат відповідає сорту "цирконовий концентрат металургійний", польовошпатовий придатний для використання у скляній промисловості.

На жаль, початок промислового відпрацювання родовища стримується технологічними і економічними труднощами. Справа в тому, що РЗЕ на родовищі сконцентровані в основному в силікатній формі – брітолїті, який за фізичними властивостями і вмістом РЗЕ значно поступається монациту, що і зумовлює низькі показники технологічного вилучення. Отриманий концентрат із вмістом TR_2O_3 близько 13 % неконкурентоспроможний щодо стандартного світового монацитового концентрату, в якому кількість TR_2O_3 досягає 55 %, що зумовлює необхідність проведення додаткових технологічних досліджень.

КП "Південукргеологія" у минулі роки були проведені пошуково-оціночні роботи й підраховані запаси та перспективні ресурси комплексних цирконій-рідкісноземельних руд.

Анадольське родовище представлене рудною зоною, що перетинає анадольські граніти і метаморфічні породи західноприазовської серії на південний схід від Октябрського масиву. Зона (0,7–3,0 м) протяжністю 1000 м полого занурюється (30–45°) на південний захід і простежена на глибину 400 м. Вона характеризується жильно-прожилковою флюорит-апатит-ортитовою мінералізацією із вмістом TR_2O_3 – 0,1–16,7 % (середній – 9,23 %). Руди масивні, плямисті, грубо- і тонкосмугасті, із

високим вмістом Fe_2O_3 , Ca, підвищеним – Mn, P і F, низьким – SiO_2 і Al_2O_3 . Рідкісноземельні мінерали представлені ортитом, церитом, цербаствезитом, апатитом і флюоритом. Ортит утворює гнізда й лінзи (до 10–15 см) снопо- і віялоподібних агрегатів видовжених призматичних кристалів (0,5–1,5 мм), містить 23,7 % TR_2O_3 . Церит утворює вкраплення дрібних ксеноморфних й ізометричних зерен (0,5–2,0 мм) серед агрегатів ортиту, включення у флюориті, містить 70,1 % TR_2O_3 . Баствезит приурочений до міжзернових ділянок ортиту і заміщує останній. Вміст TR_2O_3 в баствезиті – 60%. Апатит і флюорит (2,9 і 0,8–1,12 % TR_2O_3 відповідно) утворюють у смугастих рудах тонкі прошарки, які чергуються з прошарками ортиту, за хімічним складом належать до церієвих різновидів апатиту і флюориту. Запаси руди родовища значні, її промислові дослідження на Придніпровському хімзаводі дали позитивні результати.

Петрово-Гнупівський прояв розташований у долині р. Кальміус на північному сході від м. Маріуполя, представлений крутопадаючою флюорит-рідкісноземельно-карбонатною жиллою (до 3 м) в фенітизованих граносієнітах ендоконтактової зони Кальміуського масиву. Жила простежена в північно-східному (20°) напрямку до 1 км і на глибину понад 150 м. Вона складена грубозернистими і масивними агрегатами кальциту, баствезиту, паризиту і флюориту. Вмісні діалогові сієніти лежачого боку рудного тіла фенітизовані (25–30 м). Феніти представлені альбітизованими калішпатовими породами з опалоподібним блакитним кварцом і утворюють штокверкову систему прожилків із високою (до 11 %) концентрацією ортиту. У висячому боці граносієніти перетворені на апатит-сфен-альбіт-арфведсоніт-егіринові феніти з цирконом, чевкитом, ільменітом, магнетитом і гематитом.

Ця зона (до 10 м) перетинається прожилками титаніту (який містить 0,37 % Nb_2O_5 і 1,28 % TR_2O_3), флюориту і кальциту. У контакті висячого боку рудного тіла відзначаються облімівки флюорит-карбонат-егіринового складу. Рудні парагенезиси представлені ранньою асоціацією флюоцерит, баствезита, паризита, кальциту і пізньою – флюориту, галеніту, аргентиту і інших сульфідів. Ізотопний вік галеніту – 2,1–1,92 млрд р. Головні рудні мінерали – баствезит і паризит – у зростках із кальцитом утворюють блоки і гнізда (0,6–0,8 м). Іноді вміст рідкісноземельних фторкарбонатів досягає 15–20 % при вмісті TR_2O_3 62,6 % у баствезиті й 52,3 % – у паризиті. Руда має селективний церієвий склад. У паризиті La + Nd сягають 94,7 % і Sm + Lu – 5,3 %, а у флюориті вміст Y і важких лантанодів – 87,6 і 98,3 % від вмісту РЗЕ.

Прояв Балка Корабельна, виявлений у 1959 р., представлений крутопадаючим лінзоподібним покладом інтенсивно катаклаваних порід північно-східного простягання серед гранітизованих гнейсів і мігматитів, які перетинаються жилами рожевого пегматиту (до 0,5 м). Поклад завдовжки 70 м і завширшки 40 м простежено на глибину 50 м. Товщина окремих рудних тіл досягає 20 м. Вміст у руді (%): РЗЕ – до 4,4, Th – 0,6, U – до 0,2, Yb – 0,092, La – 0,177, Gd – 0,05, Er – 0,092, Dy – 0,12, Pr – 0,055, Nd – 0,197, Sm – 0,046, Ce – 0,485, Y – 0,945. Рудні тіла представлені дрібнозернистим вкрапленням і сегрегаціями монациту, ксенотиму і апатиту в крупнокристалічній породі, що складається з біотиту, польового шпату і кварцу за підпорядкованою ролі альмандину і магнетиту. Головні рудні мінерали представлені монацитом і ксенотимом, менше – апатитом і уранінітом. Основна маса рідкісноземельних фосфатів у рудних тілах приурочена до ділянок біотитової породи, яка зазнала мікроклінізації.

Рідкісноземельні фосфати, присутні в біотиті у вигляді одиночних зерен, при мікроклінізації біотиту укрупнюються й утворюють сегрегації уздовж тріщин його спайності і на контакті з мікрокліном. Монацит і ксенотим концентруються переважно в магнетиті, утворюючи в ньому зернисті агрегати й окремі кристали. В апатиті присутні включення ксенотиму і монациту неправильної форми, які, ймовірно, представляють першу генерацію рідкісноземельних фосфатів. Ксенотим містить (%): U – 1,64; Th – 0,92; La – 0,2; Ce – 0,6; Pr – 0,2; Nd – 0,7; Sm – 0,9; Eu – 0,1; Gd – 2,7; Tb – 0,5; Dy – 7,3; Ho – 2,0; Er – 6,7; Tu – 1,1; Yb – 8,5; Lu – 1,6; Y – 30. Зустрічаються монацит високоурановий (1,1 % U) і низькоурановий (близько 0,1 % U). Ізотопний вік ксенотиму і високоуранового монациту – 2045–1815 млн р.

Крім описаних, певний інтерес стосовно рідкісноземельної мінералізації можуть становити Хашуватське родовище в корі вивітрювання уманських рідкісноземельних гранітів, а також титан-циркон-ільменітові розсипи в Житомирській обл. (р. Гнилоп'ять, Соб, Роставиця, Желівська балка) і Приазов'ї (р. Кальчик, прибережно-морські розсипи Азовського моря), які також можуть стати додатковим джерелом РЗЕ. Середній вміст монациту – від 120–144 (Волинь) до 450–900 г/т (Приазов'я).

Цирконій. Україна володіє значними запасами цирконію, які пов'язані з розсипними і корінними родовищами. У Державному балансі обліковуються запаси 3 корінних, 8 розсипних родовищ, 4 – техногенних рудних пісків і одне техногенне родовище, представлене відходами збагачення вивітрілих руд (*Мінеральні ресурси...*, 2020). За оцінками західних експертів, ресурси цирконію (Zr_2O_3) в Україні сягають 840 тис. т, а щорічний видобуток – 18 тис. т.

Розроблюються комплексні розсипні родовища Малишевське (Вільногірський гірничо-металургійний комбінат і ТОВ "Мотронівський ГЗК") і Вовчанське (ТОВ "Демурінський ГЗК"), а також техногенне родовище Балка Крута (ТОВ "Кольорові метали"); готуються до розробки Тарасівське (ТОВ "Рутил-ільменітова компанія") і Тростянецьке (ТОВ "Житомирбуррозвідка") родовища (Мінеральні ресурси..., 2020).

Головним джерелом цирконію в Україні наразі є розсипні родовища, представлені розсипами чотирьох типів: 1) прибережно-морськими комплексними циркон-рутил-ільменітовими (Малишевське); 2) ільменітовими алювіальними континентальними (Вовчанське, Тарасівське, Краснокутське, Зеленоярське та ін.); 3) ільменітовими та апатит-ільменітовими елювіальними в корі вивітрювання основних порід; 4) циркон-рутил-ільменітовими розсипами піщаних пляжів і мілководного шельфу (Джарилгацьке). Найбільший інтерес за комплексних розсипних родовищ щодо інвестиційної привабливості становлять північно-західна ділянка Малишевського родовища і Тарасівське родовище.

Малишевське (Самотканське) родовище (Ti-Zr) у басейні р. Самоткань (правої притоки Дніпра) у Дніпропетровській області відкрите у 1954 р., розроблюється з 1961 р. Воно представлене прибережно-морським розсипом у сарматських відкладах (довжина 19 км, ширина 2,5 км, товщина 35 м), у складі якого виділяється ряд ліноподібних покладів завтовшки до 15–18 м, збагачених корисними компонентами: рутилом (середній вміст 24 кг/м³), ільменітом (77 кг/м³), цирконом (8–9 кг/м³). Родовище розроблюється відкритим способом, на його базі працює Вільногірський ГЗК, який у своєму складі має фабрику обезводнювання і збагачення, де відбувається дезінтеграція, знешламлювання, гравітаційне збагачення,

сушка, розділення колективного концентрату з використанням електричних та магнітних методів збагачення. Основними продуктами збагачення є рутиловий (понад 95% TiO_2), ільменітовий (понад 63% TiO_2), цирконовий, ставролітовий, дистен-силіманітовий концентрати.

Північно-західна ділянка Малишевського родовища (Ti, Zr) на межі Кіровоградської і Дніпропетровської областей площею 3 309,8 га представлена прибережно-морським розсипом у кварцових сірих тонкозернистих пісках полтавської серії, частково – сарматського ярусу міоцену. Піски складені кварцом, глинистими мінералами, важки мінерали: циркон, рутил, ільменіт, лейкоксен, дистен, силіманіт, ставроліт, турмалін, шпінель, хроміт, монацит. Запаси титан-цирконієвих руд встановлені за категорією С₂, але ця інформація є закритою. Підраховані за категорією С₂ запаси супутніх корисних копалин: дистен+силіманіт – 1 407,8 тис. т, ставроліт – 567,9 тис. т (*Інвестиційний атлас...*, 2021).

Тарасівське родовище на р. Рось у Київській області представлено розсипом завдовжки до 20 км, у прибережно-морських, частково дельтових відкладах полтавської серії. Піски білі, зеленувато-сірі, у рудних проширках коричневі, мілко- крупнозернисті. Розподіл рудних мінералів у продуктивному пласті нерівномірний. Найвищі концентрації відмічені в південно-західній частині розсипу, де на окремих ділянках вміст важкої фракції сягає 100–200 кг/м³, причому сумарна частка ільменіту, рутилу, циркону становить 75 %; крім того, присутні монацит, ксенотим, каситерит, бадделеїт, целестин. Товщина рудовмісної товщі – від 0,5 до 30 м (середня 7 м), розкривних порід від 1,5 до 47,5 м (середня 27 м), середній вміст (кг/м³) циркону 10,4, рутилу 12,0, ільменіту 23,0. Родовище може розглядатися як резервна база Вільногірського ГЗК.

Крім того, з розсипних родовищ інтерес можуть становити Вовчанське у Дніпропетровській області,

Краснокутське у Харківській, Зеленоярське в басейні р. Роська і Мокро-Ялинська група розсипів у Приазов'ї.

Крім розсипних, потенційним джерелом цирконію в Україні можуть бути корінні родовища Азовське, Мазурівське (описані вище), Яструбецьке.

Яструбецьке родовище розташоване у південно-західній частині Пержанського рудного вузла, пов'язане з однойменним масивом лужних сієнітів, до якого приурочено кілька серпоподібних рудоносних зон (довжина до 2 км, товщина до 5–120 м), збагачених цирконом (рис. 4). Є також ільменіт, магнетит, апатит, ортит, бастнезит, паризит, флюорит, бритаоліт та ін. Сумарний вміст РЗЕ в окремих тілах досягає 0,07–0,3 %, іноді – 1,24 % (*Гурський, 2008*).

Багаті цирконієві руди виявлені бурінням на глибинах 500–1000 м, де вони складають декілька збагачених цирконом горизонтів завтовшки до декількох метрів (*Загнітко та ін., 2017*).

Головними рудними мінералами є бритаоліт та циркон; вміст TR_2O_3 у бритаоліті може досягати (%): Y_2O_3 – 10; ZrO_2 – 5–6; Ce_2O_3 – 15–16; La_2O_3 – 6–7; Gd_2O_3 – 1; Yb_2O_3 – 0,6; Th_2O_3 – 0,4; Eu_2O_3 – 0,1 (*Кривдик та ін., 2000*). У цирконі вміст РЗЕ становить 1,24% при вмісті Hf 0,8 % та такому складі РЗЕ (від 100 %): La – 1,30; Ce – 2,26; Pr – 0,6; Nd – 1,54; Sm – 2,86; Gd+Eu – 4,46; Tb+Y+Dy – 65,86; Ho – 2,66; Er – 5,14; Tu – 1,95; Yb – 11,10; Lu – 0,27 (*Нечаєв та ін., 1986*). Склад циркону суттєво ітрієвий, а бритаоліту – ітрієво-церієвий. Родовище вважається великим, проте значна глибина залягання відомих рудних тіл (понад 500 м) ускладнює його можливу промислову розробку. Воно може бути джерелом супутнього видобутку такої нерудної сировини, як польові шпати і флюорит.

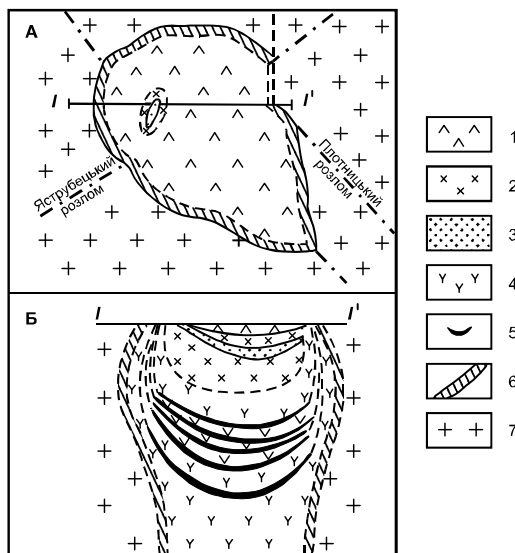


Рис. 4. Схема будови Яструбецького родовища (А – план, Б – розріз) (Кривдик та ін., 2000):

1 – сієніти верхньої розширеної групи; 4 – рибекітові сієніти; 3 – егіринові сієніти; 4 – сієніти головної розширеної групи; 5 – рудні горизонти, збагачені цирконом; 6 – ендоконтактні сієніти; 7 – вмісні гранітоїди

Літій – один з критично важливих елементів для всієї цивілізації. За ресурсами літію Україна посідає одне з провідних місць у Європі (*Бакаржигев и др., 2000; Еременко и др., 1996; Іванов та ін., 2000*). Родовища літію в Україні пов'язані з ранньодокембрієвими рідкіснометалічними

пегматитами УЩ. Розвідано три родовища, запаси яких обліковуються у Державному балансі запасів корисних копалин України (ці відомості є закритими): Шевченківське (сподуменові руди) Сорокинсько-Шевченківського пегматитового поясу в Донецькій області, Полохівське

(петалітові руди) та Станкуватське (ділянка Добра) (сподумен-петалітові руди) родовища Шполянсько-Ташлицького рудного району в Кіровоградській області. Вони складені переважно петалітовими і сподумен-петалітовими, зрідка – сподуменовими рудами, вміст Li_2O коливається від 0,25 до 2,23 %, зрідка до 6,55 %, у середньому 1,0–1,25 %.

З них на Полохівському родовищі ТОВ "Укрлітвидобування" має спеціальний дозвіл (ліцензію) на видобуток літію, пропозиції для ліцензування відкрито для

Шевченківського та Станкуватського (ділянка Добра) родовищ та ділянки Балка Крута у Запорізькій області.

Шевченківське родовище сподуменових руд розташоване в північно-східній частині Приазовського блока УЩ, у межах Шевченківської грабеніподібної структури, яка складена кристалосланцями та гнейсами сорокинської світи осипенківської серії неогархею-палеопротерозою, метаморфізованими в умовах зеленокам'яної та амфіболітової фацій, які прорвані рідкіснометалічними пегматитами (рис. 5).

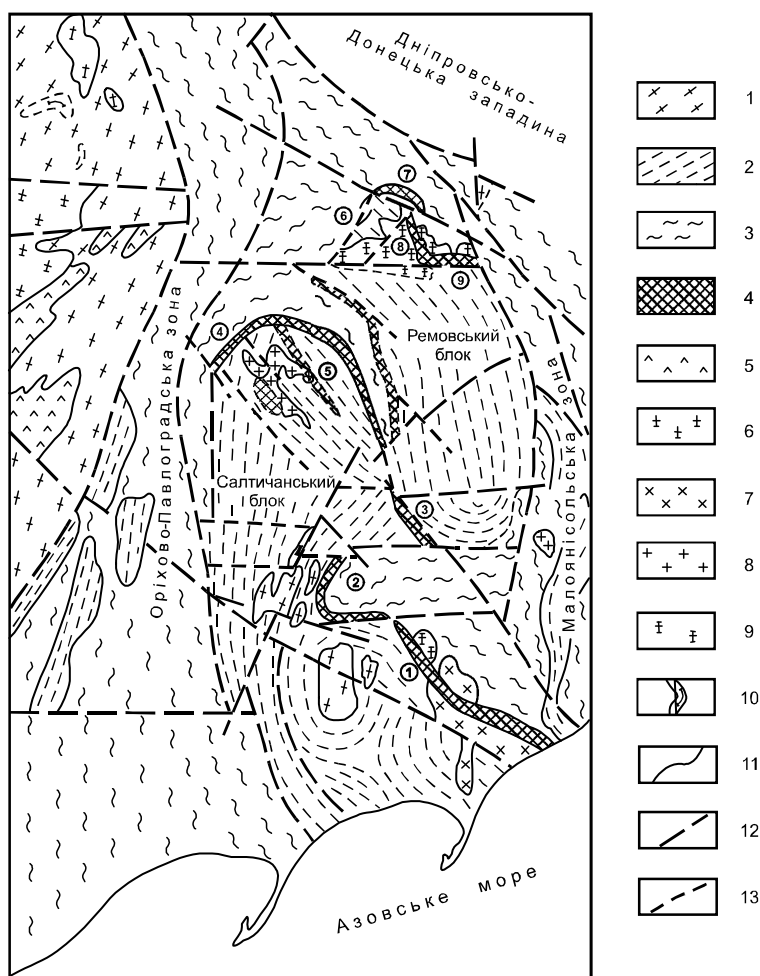


Рис. 5. Схема геологічної будови Сорокинсько-Шевченківського пегматитового поясу (Ісаков, Бобров, 2000):

- 1 – метаморфічні та ультраметаморфічні утворення дніпропетровського комплексу; 2 – метаморфічні породи західноприазовської серії та ультраметаморфічні утворення новопавлівського комплексу; 3 – метаморфічні утворення центральноприазовської серії та ультраметаморфічні утворення шевченківського комплексу; 4 – ЗКС, складені породами осипенківської серії, з пегматитовими полями Сорокинсько-Шевченківського пегматитового поясу; 5 – зеленосланцеві породи конкської серії, граніти мокромосковського комплексу; 6 – граніти біотитові; 7 – габродіорити, кварцові діорити, гранодіорити, біотитові граніти добропільського комплексу; 8 – граніти; 9 – гранодіорити і граніти воскресенського комплексу; 10 – карбонатити, сієніти, альбітити, нефелінові сієніти, піроксеніти чернігівського комплексу; 11 – межі геологічних утворень; 12 – регіональні глибинні розломи I і II порядків; 13 – розломи більш високих порядків. Цифрами позначені ЗКС: 1 – Сорокинська, 2 – Олексіївська, 3 – Куйбишевська, 4 – Гайчурська, 5 – Косівцевська, 6 – Дібровська, 7 – Волчанська, 8 – Шевченківська, 9 – Федорівська

Виявлено шість пегматитових тіл, що утворюють єдину жильну систему субмеридіонального простягання з падінням на захід під кутами 85–88°. Тіла мають роздуви та пережими, розміри 144–1076 м у довжину та від 2 до 84 м завтовшки, в основному вони виклинюються на глибині 350–500 м.

Два жильні тіла є головними та вміщують майже всі запаси літію розвіданої частини родовища. Їхня середня товщина досягає 40 м, довжина 600–700 м. Рудоносні пегматити мають зональну будову (із зовнішньої зони):

- 1) контактна кварц-альбітова дрібнозерниста; 2) альбіт-мікроклінова пегматоїдна; 3) кварц-альбітова різнозерниста; 4) альбіт-сподуменова; 5) мікроклін-сподуменова; 6) петаліт-сподуменова; 7) зона блокового мікрокліну. Речовинний склад пегматитових тіл простий: 90–95 % їхнього об'єму складений головними породотвірними мінералами – альбітом, мікрокліном, кварцом, 5–10 % – сподуменом та, меншою мірою, петалітом, з яким пов'язано менш ніж 4 % запасів літію родовища. Встановлено рідкісні літєві слюди та фосфати, рідкіснометалічні

мінерали ніобію, танталу, берилію, олова. Головним носієм літію на родовищі є кварц-альбіт-сподуменовий (з мікрокліном та петалітом) мінеральний комплекс внутрішніх зон пегматитових тіл. Сподумен у ньому утворює блоки розміром 8–10 см, петаліт – дрібнозернисті гнізда розміром до 5–20 см. Вміст оксиду літію – 1,1–1,5 %, понад 95 % запасів пов'язані зі сподуменом. На родовищі виділяються два типи руд: сподуменовий (альбіт-мікроклін-сподуменовий) та петаліт-сподуменовий. Вміст оксиду літію у рудах змінюється в межах 0,3–0,4 % та в середньому становить 1,22 %.

Крім основного компоненту, відмічено підвищений вміст рубідію, цезію, танталу, ніобію, берилію, олова. Крім того, породотвірні мінерали, насамперед польові шпати, можуть слугувати сировиною для керамічної та скляної промисловості.

За результатами дослідження технологічних проб повне вилучення сподумену при збагаченні становить 88–92 % за загального виходу концентрату в середньому 22,8 %. Концентрат містить у середньому 4,9 % літію і

відповідає сорту "Сподуменовий концентрат; 4,0–7,0 % Li_2O " західноєвропейського ринку.

Відомості про запаси літєвих руд родовища є закритими. Методом експертної оцінки, за аналогією з подібними родовищами світу, можемо оцінити його ресурси приблизно в 30–35 млн т руди та 400–450 тис. т Li_2O . Затверджені запаси кварцу сягають 4 863,6 тис. т, слюди – 527,2 тис. т, оцінені також запаси танталу, ніобію, берилію (Інвестиційний атлас..., 2021).

Полохівське родовище петалітових руд розташоване у межах палеопротерозойської синкліналі, яка облямовує з південного заходу Корсунь-Новомиргородський плутон. Вона складена дислокованими кордієрит-біотитовими, гранат-кордієрит-біотитовими, біотитовими, гранат-діопсид-біотитовими плагіогнейсами з ін'єкціями апліт-пегматоїдних та двопольовошпатових різнозернистих біотитових гранітів кіровоградського комплексу (1,9–2,1 млрд років). Родовище складене трьома крутопадаючими рудними тілами, що залягають згідно зі смугастістю гнейсів та лінійністю гранітоїдних ін'єкцій (рис. 6).

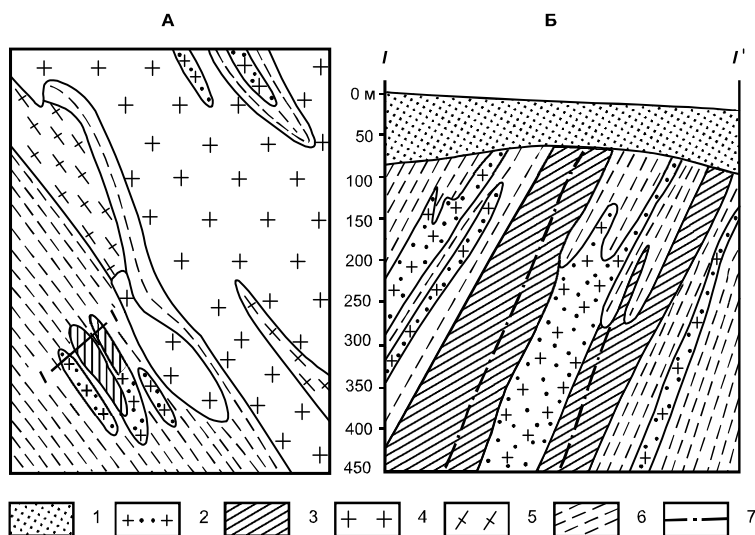


Рис. 6. Схематична геологічна карта (А) та розріз (Б) Полохівського родовища (Еременко и др., 1996):

- 1 – осадові відклади чохла; 2 – пегматоїдні граніти з убогою літєвою мінералізацією;
3 – пегматити з багатою літєвою мінералізацією (петаліти); 4 – граніти; 5 – мігматити;
6 – гнейси біотитові та кордієрит-біотитові; 7 – розривні порушення

Найбільше рудне тіло простежено за простяганням на 550 м, за падінням – до глибини 800 м, має середню товщину 60 м; інше рудне тіло завтовшки від 13 до 75 м простежується за простяганням на 350 і на глибину до 400 м; третє рудне тіло має значно менші характеристики. Середній вміст Li_2O у першому рудному тілі 1,25 %, у другому – 1,21 %, у третьому – 1,04 %. Рудні тіла складені (%): петалітом (27,6–36,2), альбітом (26,3–28,0),

пертитовим калішпатом (19,1–20,9), кварцом (15,8–21,7). Основним носієм літію є петаліт, який містить 91–95 % від загальної кількості літію в руді. Він формує дрібнозернисті мономінеральні скупчення гранобластової структури розміром до 10–20 см або зустрічається у вигляді розсіяних дрібних включень у мікроклін-кварц-альбітовому матриксі. Склад петаліту наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Хімічний склад петаліту Полохівського родовища (сверд. 26–90), % (Возняк та ін., 2000)

Компонент	1	2	3	4	5
SiO_2	78,34	77,82	77,90	78,36	76,58–77,64
Al_2O_3	16,16	16,18	15,66	15,88	17,04–17,30
Fe_2O_3	0,15	0,16	0,15	0,21	0,09–0,11
FeO	0,59	0,51	1,16	0,89	–
CaO	–	–	–	–	0,11–0,22
Li_2O	4,24	4,10	4,25	4,13	4,00–4,80
Na_2O	0,23	0,74	0,45	0,41	0,10–0,20
K_2O	0,20	0,43	0,32	0,21	0,13–0,18
H_2O^+	0,34	0,60	0,05	0,45	–

1 – петаліт-альбітовий пегматит гл. 243 м; 2 – альбіт-петалітовий пегматит гл. 301 м; 3 – пегматит альбітовий з петалітом гл. 314,8–318,0 м; 4 – пегматит мікроклін-альбітовий з петалітом, гл. 321,5–324,5 м; 5 – технологічні проби

Вміст сподумену в рудах родовища не перевищує 2 %, його розподіл нерівномірний, зустрічається він переважно у сильно кородованих реліктах вихідного пегматиту разом із кварцом. Склад сподумену наведено в табл. 2, хімічний і мінеральний склад руд – у табл. 3, 4.

З руд родовища петалітовий концентрат можна отримувати екологічно безпечним гравітаційним збагаченням. Відомості про запаси родовища є закритими. Методом експертної оцінки, за аналогією з подібними родовищами світу, можемо оцінити його ресурси приблизно в 65 млн т руди та 800 тис. т Li_2O .

Таблиця 2

Хімічний склад сподумену Полохівського і Станкуватського родовищ, % (Возняк та ін., 2000)

Компонент	Полохівське родовище				Станкуватське родовище
	1	2	3	4	5
SiO_2	63,58	63,74	63,75	64,17	64,17
Al_2O_3	26,34	26,89	27,06	26,99	27,18
Fe_2O_3	0,84	0,25	0,10	0,34	0,09
FeO	0,72	0,57	0,72	0,26	0,48
CaO	0,34	Сліди	0,06	0,12	0,03
Li_2O	6,70	6,99	7,10	7,04	7,14
MgO	0,08	Сліди	Сліди	0,08	-
MnO	Сліди	Сліди	Сліди	0,04	0,05
Na_2O	0,46	0,96	0,46	0,67	0,84
K_2O	0,21	0,34	0,10	0,07	0,03
H_2O^+	0,56	0,04	0,44	0,08	0,57
Сума	99,50	99,91	99,93	100,08	99,16

1 – мікроклін-альбітовий пегматит зі сподуменом, св. 26–90, гл. 134 м; 2 – мікроклін-альбітовий пегматит зі сподуменом і петалітом св. 26–90, гл. 270–274,3 м; 3 – кварц-сподуменові виділення у мікроклін-альбіт-петалітовому пегматиті св. 26–90, гл. 303 м; 4 – кварц-сподуменові виділення в альбіт-петалітовому пегматиті св. 7–92, гл. 381,5 м; 5 – кварц-плагіоклазова зона з рідкісними виділеннями сподумену у приконтатковій частині з вмісним амфіболітом св. 32–91, гл. 282,8 м

Таблиця 3

Хімічний склад руд Полохівського і Станкуватського родовищ, % (Еременко и др., 1996)

Компонент	Полохівське	Станкуватське	
	Руда петалітова	Руда сподуменова	Руда петаліт-сподуменова
SiO_2	74,94	72,03	72,12
Al_2O_3	15,58	16,91	16,62
TiO_2	0,22	0,27	0,36
CaO	0,32	0,35	0,47
MgO	0,08	0,14	0,09
Na_2O	3,66	3,67	3,86
K_2O	2,71	2,58	2,18
Li_2O	1,10	1,79	1,49
Pb_2O	0,04	0,10	0,10
H_2O^-	0,11	0,11	Не визн.
H_2O^+	0,26	0,86	0,49
CO_2	0,35	0,14	0,22
P_2O_5	0,48	0,89	1,14
Сума	99,85	99,84	99,14
Ta_2O_5	0,002	Не визн.	0,006
Nb_2O_5	0,002	0,006	0,006
SnO_2	0,008	0,05	0,04
BeO	0,032	0,012	0,033

Таблиця 4

Мінеральний склад руд Полохівського і Станкуватського родовищ (Еременко и др., 1996)

Компонент	Полохівське	Станкуватське	
	Руда петалітова	Руда сподуменова	Руда петаліт-сподуменова
Кварц, %	14,3	14,0	14,1
Мікроклін, %	23,5	18,8	14,8
Альбіт, %	34,0	31,1	33,9
Петаліт, %	24,9	6,6	14,0
Сподумен, %	0,8	25,3	20,3
Трифіліт, %	0,2	1,5	1,4
Апатит, %	0,8	0,1	0,3
Мусковіт, гранат, кальцит, кордієрит, силіманіт, %	1,5	2,7	1,2
Хризоберил, г/т	1165	1125	1650
Каситерит, г/т	90	450	400
Фероколумбіт, г/т	55	500	500

Станкуватське родовище (ділянка Добра) сподумен-петалітових руд представлено двома рудо проявами: Станкуватським і Надія в Кіровоградській області, у західній зовнішній зоні Липнязького гранітного куполу

(рис. 7). Ядро куполу складене гранітами кіровоградського комплексу, периферія – гранітними пегматитами. Літєві пегматитові тіла залягають в ортоамфіболітах та мафіт-ультрамафітових породах західного облямування

куполу, метаморфізованих в умовах амфіболітової фації. Рудну зону Станкуватського прояву простежено за простяганням на 2 км, прояву Надія – на 1,6 км.

Родовище складене серією (8–12) зближених крутопадаючих тіл літєвих пегматитів завтовшки від перших десятків сантиметрів до 25–30 м. Загальна товщина продуктивної зони досягає 140–150 м, потужніші рудні тіла зосереджені у центральній частині. Вміст Li_2O в окремих рудних тілах змінюється від 0,345 до 2,23 %, у середньому – 1,26 %. На відміну від Полохівського родовища, руди комплексні, сподумен-петалітові, із вмістом сподумену до 20–25 %. Серед рудних мінералів Станкуватського прояву переважає петаліт, прояву Надія –

сподумен. Виділяють 4 типи руд: петалітові (32 %), сподуменові (28 %), сподумен-петалітові (17 %) і петаліт-сподуменові (23 %). Присутність двох літєвих мінералів є фактором, що ускладнює технологію збагачення руд, оскільки зумовлює необхідність селективного вилучення сподуменового і петалітового концентратів.

Відомості про запаси літєвих руд родовища є закритими. Методом експертної оцінки, за аналогією з подібними родовищами світу, можемо оцінити його ресурси приблизно в 60 млн т руди та 750 тис. т Li_2O . Крім того, на родовищі враховано прогнозні ресурси рубідію, цезію, танталу, ніобію, берилію, олова (*Інвестиційний атлас...*, 2021).

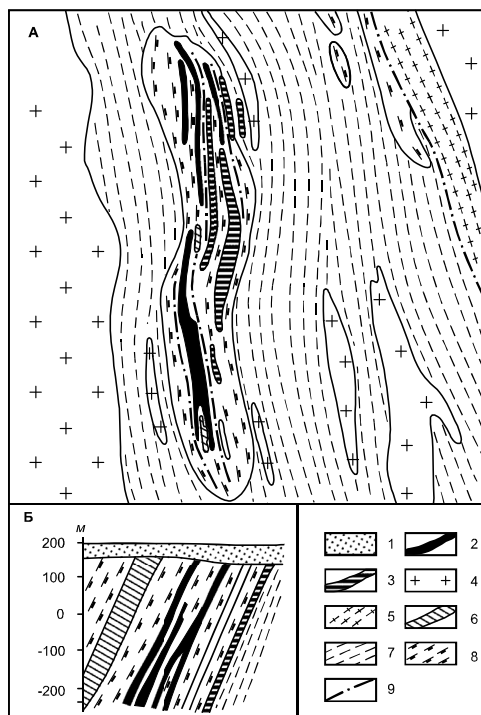


Рис. 7. Схематична геологічна карта (а) та розріз (б) Станкуватського родовища (Еременко и др., 1996):

1 – осадові відклади чохла; 2 – пегматити з багатою літєвою мінералізацією; 3 – пегматити з бідною літєвою мінералізацією; 4 – граніти; 5 – мігматити; 6 – піроксеніти; 7 – гнейси; 8 – амфіболіти; 9 – розривні порушення

Прояв Крута Балка в Запорізькій області пов'язаний з пегматитами, локалізованими в архейських метаморфічних породах Сорокинської зони Приазов'я. Тут виділено три рудні зони, вміст корисних компонентів наведено в табл. 5 (*Інвестиційний атлас...*, 2021).

Характерне зональне розміщення рудних тіл – кварц-альбітові зі сподуменом тіла приурочені до верхніх горизонтів, а майже безрудні мікроклінові – до нижніх. Виділяють два типи пегматитів (*Загнітко та ін.*, 2017). Для першого характерна наявність зони блокового мікрокліну та кварцу (50 % об'єму) і рудної кварц-альбіт-

сподуменової зони (30 % об'єму). Другий тип представлений великими лінзо- та плитоподібними тілами з роздувами та апофізами, з кварц-альбітовою (до 25 %) та кварц-альбіт-сподуменовою зонами (до 60 %). Переважна більшість промислових тіл належить до другого типу. Головним рудним мінералом є сподумен, але промислове значення мають також берил, тантало-ніобати, літєві фосфати, кукейт, холмквістит. Співвідношення Ta/Nb сильно коливається. Вважається, що пегматити родовища належать до альбітового і альбіт-сподуменового типу (*Суярко та ін.*, 2008).

Таблиця 5

Вміст корисних компонентів рудних зон родовища Балка Крута (%)

Зона	Ta_2O_5	Nb_2O_5	Li_2O	Rb_2O	Cs_2O	РЗЕ
Перша	0,001–0,268	0,001–0,036	0,008–4,0	0,006–0,094	0,001–0,041	–
Друга	0,001–0,176	0,0015–0,022	0,02–6,55	0,005–0,395	0,001–0,129	до 0,009
Третя	0,001–0,0188	0,001–0,009	0,02–1,43	0,001–0,096	0,001–0,033	до 0,007

У результаті ГРР попередньо підраховано запаси основних корисних копалин – літію, танталу, ніобію, цезію, рубідію в пегматитах і слюдитах, а також супутніх польового шпату у кількості 809,8 тис. т, кварцу у

кількості 582,6 тис. т і слюди у кількості 205,1 тис. т (*Інвестиційний атлас...*, 2021).

Отже, загальні ресурси літію родовищ України можуть досягати 2,0 млн т, завдяки чому вона належить до

провідних країн за ресурсами цього металу і може повністю забезпечити необхідні для зелених технологій обсяги його видобутку.

Скандій. Україна посідає перше місце в Європі і входить до світових лідерів за запасами скандію. Його запаси оцінено в комплексних залізо-уран-ванадій-скандієвому Жовторіченському, апатит-ільменітових Стремигородському, Торчинському корінних родовищах та Злобичському розсипному ільменітовому родовищі, ресурси – у розсипних ільменітових та рутилових родовищах. Запаси скандію обліковуються у Державному балансі запасів корисних копалин України по 13 комплексних родовищах: Малишевське, Валки-Гацьківське, Вовчанське, Жовторіченське, Стремигородське, Федорівське, Тростянецьке,

Злобичьке, Торчинське, Іршанське, Лемненське-Західне, Лемненське-Східне, Тарасівське, з яких шість – розробляються (*Мінеральні ресурси...*, 2020).

Найцікавішим об'єктом є комплексне залізо-уран-ванадій-скандієве **Жовторіченське родовище** у Дніпропетровській області. Як залізородне родовище воно розробляється ще з 1934 р. Скандієві руди тут було відкрито в 1976 р. Вони представлені кварц-натрієвими метасоматитами з уранінітом і бранеритом і ванадій-скандієвими рудами, які локалізовані серед діопсидових кварцитів, актинолітових сланців, частково доломітів криворізької серії (Загнітко та ін., 2017). Протяжність рудної зони становить 100 м, товщина не перевищує перші десятки метрів (рис. 8).

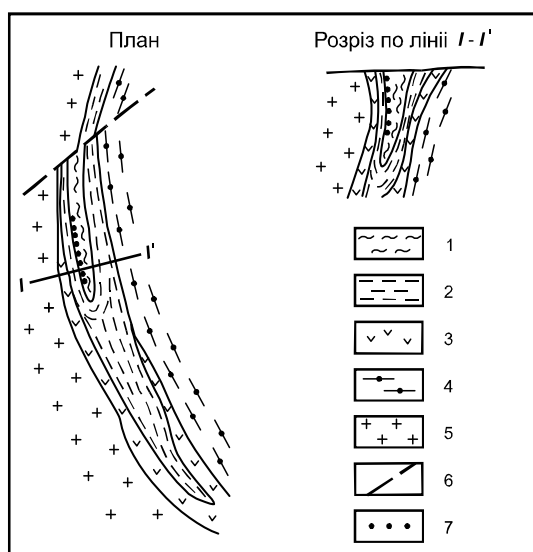


Рис. 8. Положення зони скандієвого зруденіння в західному крилі Жовторіченської синкліналі (Тарханов и др., 1991):

1 – гданцевська світа; 2 – саксаганська і скелюватська світи; 3 – конкська серія, амфіболіти; 4 – граніти, гранітогнейси дніпровського комплексу; 5 – граніти кіровоградського комплексу; 6 – розломи; 7 – скандієве зруденіння

Рідкіснометалічні ванадій-скандієві руди локалізовані в зонах завтовшки до десятків метрів, протяжністю до 1 км карбонатно-егіринових метасоматитів у породах палеопротерозойської скелюватської світи, поблизу контакту із гданцевською (доломіти, актинолітові і кварц-біотитові сланці, кварцити), представлені жильними і

гніздо-лінзоподібними тілами лужно-амфібол-акмітових метасоматитів з альбітом, апатитом, малаконом, тремолітом. Рудні поклади мають складну форму, невитримані параметри (до перших сотень метрів), представлені уран-рідкісноземельними і ванадій-скандієвими рудами (табл. 6).

Таблиця 6

Вміст скандію і супутніх компонентів у рудах Жовторіченського родовища (Тарханов и др., 1991)

Руди	Sc, г/т	V, г/т	P ₂ O ₅ %	TR ₂ O ₃ , г/т	Y, г/т	V ₂ O ₅ , г/т	Hf, г/т
Уран-рідкісноземельні	50–100	150–600	5,8	600–1000	20–500	1700	140
Ванадій-скандієві	100–200	50–120	2,6	400–500	100–250	2700	150
Змішані	100–150	100–200	3,4	500–600	150–250	2500	150

Рудоносні метасоматити складаються з альбіту 6–15 %, егірину 9–21 %, амфіболів (рибекіт, арфедсоніт, тремоліт, актиноліт) – 11–21 %, карбонатів – 21–46 %, кварцу – 6–26 %, тальку – 3–10 % та апатиту – 3–20 %. Руди характеризуються підвищеним вмістом малакону (до 1–2 %), який утворює окремі скупчення (Загнітко та ін., 2017). Середній вміст скандію в рудах – 0,072 % (ванадій-скандієві руди) та 0,042 % (змішані уран-рідкісноземельні руди). Головним концентратором скандію є егірин та лужні амфіболи. Крім скандію, у промислових концентраціях присутні (%) ванадій (0,036–0,54), ітрію (0,022–0,019), цирконій (1,1–1,2), рідкісні землі (0,036). По корінних рудах розвинені глинисті кори вивітрювання завтовшки до 40 м із середнім вмістом (%) скандію 0,01–0,013, цирконію – 0,88–1,4, ітрію – до 0,13,

відзначаються підвищені вмісти ітербію (до 0,013 %), лютецію та інших лантаноїдів.

У 1993 р. на базі комплексних скандій-ванадієвих і залізних руд було створено спільне українсько-барбадоське підприємство "Ashurst Technology Ltd.", розроблено технологію виробництва алюмо-скандієвого сплаву (лігатура з двопрцентним вмістом скандію), однак у 1995 р. через фінансові труднощі скандієву програму було припинено. Спеціальний дозвіл № 3670 на видобуток залізних руд мало ТОВ "Схід-Руда", яке здійснювало його в обмежених обсягах, але, судячи з документів, що є у відкритому доступі, термін дії цього дозволу закінчився 05.12.2015 р. (що потребує перевірки).

Відомості про запаси скандію є закритими, за оцінками західних експертів, загальні запаси руди на

родовищі становлять 7,4 млн т, скандію – 900 т за його середнім вмістом 105 г/т (Bernard, 2001). Ресурси скандію у корінних рудах досягають перших тисяч тонн, у коржах вивітрювання – 100 т.

Крім того, потенційним джерелом скандію в Україні можуть слугувати боксити Високопольського, Південнонікопольського, Смілянського родовищ; ільменіт-апатитові і титано-магнетитові руди Стремигородського і Торчинського родовищ; розсіпні ільменітові і рутил-циркон-ільменітові Малишевське, Іршанське, Злобицьке родовища; Первомайське і Ганнівське родовища залізистих кварцитів.

В Україні спеціальні дозволи на видобуток скандію як супутнього компонента видано на видобуток циркон-рутил-ільменітових розсіпів Тарасівського родовища в Київській області (ТОВ "Рутил-ільменітова компанія") та ільменіт-цирконітових розсіпів родовища Валки-Гацьківське.

Германій в Україні пов'язаний переважно з вугленосними товщами Донецького і Львівсько-Волинського вугільних басейнів, де він присутній як супутній компонент. У Державному балансі запасів корисних копалин України обліковується 220 об'єктів із запасами 81,7 тис. т германію (*Мінеральні ресурси...*, 2020). Видобуток германію у 2019 р. сягав 92,2 т. Його виробництво було налагоджене на 13 коксохімічних заводах (Авдіївський, Алчевський, Баглейський, Донецький, Єнакіївський, Запорізький, Криворізький, Макіївський, Ясинуватський та ін.). На цих заводах діяли хімічні установки з попутного вилучення германію з надсмоляних вод коксування вугілля.

У **Донецькому басейні** вміст германію коливається від 0,3–1,3 г/т в антрацитах до 3,8–9,2 г/т в низькометаморфізованому вугіллі, але промислове значення має коксівне вугілля із середнім вмістом германію 3,8–6,8 г/т. Германій присутній у всіх шарах вугілля, однак найбільш германієносним є вугілля середнього карбону. Розподіл германію залежить від технологічних марок вугілля. У районах розвитку марок НПА, А (напівантрацит, антрацит) вміст Ge не перевищує 2–5 г/т золи; вугілля середніх і низьких стадій метаморфізму Д, Г, К, Ж (довгополум'яні, газові, коксові, жирні) – сягає 50–70 г/т золи і більше. Разом з германієм у вугіллі присутні інші елементи (в г/т золи): галій – 20–100, літій 50–400, берилій – 20–50.

Висновки. Як високоперспективні виділено такі об'єкти МСБ металічних корисних копалин України:

- **рідкісноземельні елементи:** родовища Новопопелівське (РЗЕ, Nb, Ta, P₂O₅), Мазурівське (РЗЕ, Zr, Nb), Азовське (РЗЕ, Zr), Анадолівське (РЗЕ); рудопрояви Петрово-Гнутівський (РЗЕ), Балка Корабельна (РЗЕ);
- **цирконій:** розсіпні родовища Малишевське (Ti, Zr), Тарасівське (Ti, Zr); корінне Яструбецьке (РЗЕ, Zr);
- **літій:** Шевченківське родовище сподуменових руд; Полохівське родовище петалітових руд; Станкуватське родовище сподумен-петалітових руд; прояв Крута Балка;
- **скандій:** Жовторіченське комплексне залізо-уран-ванадій-скандієве родовище;
- **германій:** вугілля Донецького басейну.

Ці родовища серед металічних корисних копалин України мають найвищий рівень інвестиційної привабливості, найнижчі ризики інвестиційних вкладень, характеризуються середнім рівнем конкуренції і можуть бути рекомендовані як першочергові об'єкти для інвестування в їх вивчення і промислове освоєння. Для визначення перспектив інвестування конкретних об'єктів потрібна попередня геолого-економічна оцінка доцільності та рентабельності їх промислового освоєння.

Високоперспективні об'єкти МСБ України неметалічних і горючих корисних копалин України будуть розглянуті в наступних статтях цієї серії.

Список використаних джерел

- Бакаржів, А.Х., Макивчук, О.Ф., Иванов, Б.Н. и др. (2000). Мелкозернистые петалитовые руды – новый вид литийсодержащего минерального сырья Украины. *Мін. ресурси України*, 1, 16–19.
- Возняк, Д.К., Бугаєнко, В.М., Галабурда, Ю.А. та ін. (2000). Особливості мінерального складу та умов утворення рідкіснометалевих пегматитів західної частини Кіровоградського блоку (Український щит). *Мінералог. журнал*, 22, 1, 21–41.
- Гурський, Д.С., Єсипчук, К.Ю., Калінін, В.І. та ін. (2006). Металічні і неметалічні корисні копалини України. Том І. Металічні корисні копалини. Київ-Львів: Центр Європи, 785 с.
- Гурський, Д.С. (2008). Концептуальні засади державної мінерально-сировинної політики щодо використання стратегічно важливих для економіки країни корисних копалин. Львів: ЗУКЦ, 192 с.
- Донской, А.Н., Кулиш, Е.А., Донской Н.А. (2004). Нефелиновые породы Украины – комплексные алюминий-глиноземные и редкометалльные руды. К.: Логос, 222 с.
- Еременко, Г.К., Иванов, Б.Н., Белых, Н.А. и др. (1996). Минералогические особенности и условия образования литиевых пегматитов Кировоградского блока (Украинский щит). *Мінералог. журнал*, 18, 1, 48–57.
- Загнітко, В., Михайлов, В., Кривдік, С., Сидорчук, В. (2017). Генетичні особливості та ресурси рідкіснометалевих родовищ Українського щита. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*, 1 (76), 58–65.
- Іванов, Б.Н., Лисенко, В.В., Макивчук, О.Ф. та ін. (2000). Екзоконтактні метасомати літєвих гранітних пегматитів Шполянсько-Ташлицького рідкіснометалевих рудного району. *Мін. ресурси України*, 4, 11–13.
- Інвестиційний атлас надрокористувача. Стратегічні та критичні мінерали (2021). Державна служба геології та надр України.
- Ісаков, Л.В., Бобров, О.Б. (2000). Літєносні пегматити Шевченківського пегматитового поля (Західне Приазов'я). *Мін. ресурси України*, 1, 23–30.
- Кривдік, С.Г., Загнітко, В.М., Стрекозов, С.М. та ін. (2000). Рідкіснометалеві сієніти Українського щита: перспективи пошуків багатих руд цирконію та лантаноїдів. *Мінералог. журнал*, 22, 1, 62–72.
- Мировой рынок скандия (2020). <https://xn--80aplem.xn--p1ai/analytiks/Mirovoj-rynok-skandia/>
- Мировые запасы скандия и перспектива их использования (2019). <http://dragomet.ru/wp-metally/mirovye-zapasy-skandiya-i-perspektiva-ih-ispolzovaniya.html>
- Михайлов, В.А., Кривдік, С.Г. (2004). Перспективи України щодо рідкісноземельних елементів у світовому аспекті. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*, 28, 10–12.
- Михайлов, В.А., Шевченко, В.І., Огар, В.В. та ін. (2007). Металічні корисні копалини України. Підручник. К.: ВПЦ "Київський університет", 463 с.
- Михайлов, В.А. (2010). Рідкоземельні руди мира. Геологія, ресурси, економіка. К.: ВПЦ "Київський університет", 223 с.
- Михайлов, В., Курило, М., Кошарна, С. (2021). Геолого-промислова оцінка та ранжування перспективних об'єктів вітчизняної бази рідкісноземельних елементів. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*, 2 (93), 32–40.
- Михайлов, В., Вижва, С., Паюк, С. (2022). Системний аналіз мінерально-сировинної бази стратегічних корисних копалин України. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*, 4, 36–44.
- Мінеральні ресурси України. Щорічник (2020). К.: ДВНП "Геоінформ України", 270 с. http://geoinf.kiev.ua/M_R_2020.pdf
- Рудько, Г.І. Бала, Г.Р. (2021). Критична мінеральна сировина та її перспективи в Україні. *Мін. ресурси України*, 2, 3–14.
- Стрекозов, С.Н., Васильченко, В.В., Гурський, Д.С. и др. (1998). Геологическое строение и характер оруденения Азовского месторождения. *Мін. ресурси України*, 3, 6–9.
- Суярко, В.Г., Загнітко, В.М., Решетов, І.К. (2008). Рідкісноземельні елементи в гідротермальних мінералах та підземних водах Донбасу. *Вісник Харківського національного університету*, 804, 70–75.
- Тарханов, А.В., Кудлаев, А.Р., Петрин, А.В., Козирьков, В.Д. (1991). Желтоореченское ванадий-скандиевое месторождение. *Геология рудных месторождений*, 6, 50–56.
- Bernard, F. (2001). Scandium mineralization associated with hydrothermal lazulite-quartz veins in the Lower Austroalpine Grobgneis complex, Eastern Alps, Austria. Mineral Deposits at the Beginning of the 21st century. Liss (Netherlands): A.A. Balkema Publishers. P. 935–938.
- Melnikov, V.S., Kulchitska, A.A., Kryvdik, S.G., Gurskiy, D.S., Strekozov, S.N. (2000). The Azov Deposit – a New Type of Rare-metal Objects of Ukraine. *Miner. j.*, 22, № 5–6, 39–49.
- Mineral Commodity Summaries (2016–2021). Wash.: USGS. Electronic resource. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2021/mcs2021.pdf>
- Mykhailov, V.A., Hrinchenko, O.V., Malyuk, B.I. (2022). Exploration and mining perspectives of the critical elements for green technologies in Ukraine. Geological Society, London, Special Publications. 2022-03-28, *Journal article*. DOI: 10.1144/SP526-2021-133
- Rare Earth. Minerals Yearbook. Metals and minerals Mineral commodity summaries. (2020). Vol. I. Wash.: USGS. P. 132–133.
- World Mining Data (2021). Volume 36. C. Reichl, M. Schatz. Mineral Production. Vienna, 266 p.

References

- Bakarchiev, A.H., Makivchuk, O.F., Ivanov, B.N. et al. (2000). Fine-grained petalite ores – a new type of lithium-bearing mineral raw materials in Ukraine. *Mineral Resources of Ukraine*, 1, 16–19. [In Russian]
- Vozniak, D.K., Bugaenko, V.M., Galaburda, Yu.A. et al. (2000). Features of mineral composition and conditions of formation of rare-metal pegmatites of the western part of Kirovograd Block (Ukrainian Shield). *Mineralogical Journal*, 22, 1, 21–41. [In Ukrainian]
- Gurskiy, D.S., Esipchuk, K.Yu., Kalinin, V.I. et al. (2006). Metallic and Non-Metallic Minerals of Ukraine. Vol. I. Metallic Minerals. Kyiv-Lviv: Center of Europe, 785 p. [In Ukrainian]
- Gurskiy, D.S. (2008). Conceptual Principles of the State Mineral Resources Policy on the Use of Strategically Important Minerals for the Country's Economy. Lviv: ZUKC, 192 p. [In Ukrainian]
- Donskoy, A.N., Kulish, E.A., Donskoy, N.A. (2004). Nepheline Rocks of Ukraine – Complex Aluminum-Alumina and Rare-Metal Ores. Kiev: Logos, 222 p. [In Russian]
- Eremenko, G.K., Ivanov, B.N., Belykh, N.A. et al. (1996). Mineralogical features and conditions of formation of lithium pegmatites of Kirovograd Block (Ukrainian Shield). *Mineralogical Journal*, 18, 1, 48–57. [In Russian]
- Zagnitko, V., Mykhailov, V., Kryvdyk, S., Sydorchuk, V. (2017). Genetic features and resources of rare-metal deposits of Ukrainian Shield. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 1 (76), 58–65. [In Ukrainian]
- Ivanov, B.N., Lysenko, V.V., Makivchuk, O.F. et al. (2000). Exocontact metasomatites of lithium granite pegmatites of Shpolyano-Tashlytske rare-metal ore field. *Mineral Resources of Ukraine*, 4, 11–13. [In Ukrainian]
- Investment Atlas of Subsurface User. Strategic and Critical Minerals. (2021). Kyiv: State Service of Geology and Subsoil of Ukraine. <https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/presentations/en/investmentopportunities-in-exploration-production-strategic-and-critical-minerals.pdf> (accessed 15.12.22).
- Isakov, L.V., Bobrov, O.B. (2000). Lithium-bearing pegmatites of Shevchenkivske pegmatite field (Western Pryazovya). *Mineral Resources of Ukraine*, 1, 3–30. [In Ukrainian]
- Kryvdik, S.G., Zagnitko, V.M., Strekozov, S.N. et al. (2000). Rare metal syenites of the Ukrainian shield: prospects for searching for rich zirconium and lanthanide ores. *Mineralogical Journal*, 22, 1, 62–72. [In Ukrainian]
- World scandium market (2020). <https://xn--80aple.xn--p1ai/analitics/Mirovoj-rynok-skandia/>
- World scandium reserves and the prospect of their use (2019). <http://dragomet.ru/wp-metally/mirovye-zapasy-skandiya-i-perspektiva-ihispolzovaniya.html> (accessed 15.12.22) [In Russian]
- Mykhailov, V.A., Kryvdyk, S.G. (2004). Prospects of Ukraine in relation to rare-earth elements in the world aspect. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 28, 10–12. [In Ukrainian]
- Mykhailov, V.A., Shevchenko, V.I., Ogar, V.V. et al. (2007). Metallic Minerals of Ukraine. Textbook. Kyiv University Publishing, 463 p. [In Ukrainian]
- Mykhailov, V.A. (2010). Rare-Earth Ores of the World. Geology, Resources, Economics. Kyiv University Publishing, 223 p. [In Russian]
- Mykhailov, V., Kurylo, M., Kosharna, S. (2021). Geological and industrial assessment and ranking of promising objects of the domestic base of rare-earth elements. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 2 (93), 32–40. [In Ukrainian]
- Mykhailov V., Vyzhva S., Paiuk, S. (2022). System analysis of the mineral-raw material base of strategic minerals of Ukraine. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 4, 36–44. [In Ukrainian]
- Mineral resources of Ukraine. (2020). Kyiv: SRDE "Geoinform of Ukraine", 271 p. http://geoinf.kiev.ua/M_R_2020.pdf (accessed 15.12.22) [In Ukrainian]
- Rudko, G.I., Bala, G.R. (2021). Critical Mineral Raw Materials and Their Prospects in Ukraine. *Mineral Resources of Ukraine*, 2, 3–14. [In Ukrainian]
- Strekozov, S.N., Vasilchenko, V.V., Gurskiy, D.S. et al. (1998). Geological structure and nature of mineralization of Azovske deposit. *Mineral Resources of Ukraine*, 3, 6–9. [In Ukrainian]
- Suyarko, V.G., Zagnitko, V.M., Reshetov, I.K. (2008). Rare earth elements in hydrothermal minerals and groundwater of Donbas. *Bulletin of Kharkiv National University*, 804, 70–75. [In Ukrainian]
- Tarkhanov, A.V., Kudlaev, A.R., Petrin, A.V., Kozirkov, V.D. (1991). Zheltorechenskoe vanadium-scandium deposit. *Geology of Ore Deposits*, 6, 50–56. [In Russian]
- Bernard, F. (2001). Scandium mineralization associated with hydrothermal lazulite-quartz veins in the Lower Austroalpine Grobgneis complex, Eastern Alps, Austria. Mineral Deposits at the Beginning of the 21st century. Liss (Netherlands): A.A. Balkema Publishers. P. 935–938.
- Melnikov, V.S., Kulchitska, A.A., Kryvdik, S.G., Gurskiy, D.S., Strekozov, S.N. (2000). The Azov Deposit – a New Type of Rare-metal Objects of Ukraine. *Miner. j.*, 22, № 5–6, 39–49.
- Mineral Commodity Summaries (2016–2021). Wash.: USGS. Electronic resource. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2021/mcs2021.pdf>
- Mykhailov, V.A., Hrinchenko, O.V., Malyuk, B.I. (2022). Exploration and mining perspectives of the critical elements for green technologies in Ukraine. Geological Society, London, Special Publications. 2022-03-28. *Journal article*. DOI: 10.1144/SP526-2021-133
- Rare Earth. Minerals Yearbook. Metals and minerals Mineral commodity summaries. (2020). Vol. I. Wash.: USGS. P. 132–133.
- World Mining Data (2021). Volume 36. C. Reichl, M. Schatz. Mineral Production. Vienna, 266 p.

Надійшла до редколегії 28.12.22

V. Mykhailov, Dr. Sci. (Geol.), Prof.,
E-mail: vladvam@gmail.com,
Taras Shevchenko National University of Kyiv,
Institute of Geology, 90 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine

HIGHLY PROSPECTIVE OBJECTS OF THE MINERAL AND RAW MATERIAL BASE OF UKRAINE. PART 1. METALLIC MINERALS

A short description of the highly promising mineral and raw material base of metallic minerals of Ukraine is provided. It includes the following deposits and occurrences: complex carbonatite rare metal-apatite Novopoltavske deposit (REE, Nb, Ta, P₂O₅); complex zirconium-rare-earth-niobium Mazurivske (Oktyabske) deposit (REE, Zr, Nb); complex rare earth-zirconium Azovske deposit (REE, Zr); Anadol'ske rare earth deposit (REE); rare earth occurrences Petrovo-Hnutivske (RZE) and Balka Korabelna (RZE); placer complex ilmenite-zirconium deposits Malyshevske (Ti, Zr) and Tarasivske (Ti, Zr); indigenous complex rare-earth-zirconium Yastrubetske deposit (REE, Zr); Shevchenkivske deposit of spodumene ores (Li); Polokhivske deposit of petalite ores (Li); Stankuvatske deposit of spodumene-petalite ores (Li); manifestation of Kruta Balka (Li); Zhovtorichenske complex iron-uranium-vanadium-scandium deposit (Sc, Fe, U, V); coal of the Donetsk basin (Ge). Among the metallic minerals of Ukraine, these deposits have the highest level of investment attractiveness, the lowest investment risks, are characterized by an average level of competition and can be recommended as priority objects for investment in their study and industrial development. To determine the investment prospects of specific objects, a preliminary geological and economic assessment of the feasibility and profitability of their industrial development is necessary.

Keywords: mineral base, deposit, strategic minerals, investment attractiveness.