ГЕОЛОГІЯ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 553.041
DOI: http://doi.org/10.17721/1728-2713.93.04

В. Михайлов, д-р геол. наук, проф.,
E-mail: vladvam@gmail.com;
М. Курило, канд. геол. наук, доц.,
E-mail: kurilo@mail.univ.kiev.ua;
С. Кошарна, канд. геол. наук,
E-mail: sofiia.kosharna@ukr.net;
Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна

ГЕОЛОГО-ПРОМИСЛОВА ОЦІНКА ТА РАНЖУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ОБ'ЄКТІВ ВІТЧИЗНЯНОЇ БАЗИ РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол.-мінералог. наук, проф. В.М. Загнітком)

Зміни пріоритетних напрямів фінансування у сфері надрокористування та їх повсюдна переорієнтація на пошук альтернативних джерел сировини, що могли б забезпечити розвиток сучасних високотехнологічних виробництв, є перспективним напрямом на шляху зростання країни в умовах сталого розвитку та переходу на Green Energy Transition. І тим самим ресурсом, що може забезпечити безпечний прогрес у майбутньому й відіграє важливу роль у технологічному розвитку сьогодення, є рідкісноземельні елементи (РЗЕ). У рамках дослідження проаналізовано й узагальнено інформацію щодо сучасного стану обізнаності щодо перспектив видобутку РЗЕ в Україні; проведено систематизацію й актуалізацію наявних даних щодо кількісних і якісних характеристик рудопроявів і родовищ РЗЕ та їхніх геолого-промислових параметрів; визначено основні перепони на шляху активного розвитку робіт на цих об'єктах потенційного видобутку. Отримані результати виконаного ранжування вітчизняних родовищ і проявів РЗЕ доводять доцільність інвестування робіт з геологічних пошуків та реалізації видобутку на окремих ділянках, що визначені як найбільш інвестиційно привабливі для подальшого промислового освоєння та загалом підкреслюють перспективи досліджуваного напряму й обґрунтовують необхідність інтенсифікації розробки виділених об'єктів рідкісноземельної сировини.

Ключові слова: рідкісноземельні елементи, геолого-промислові параметри родовищ, рідкісноземельна мінералізація, промислова цінність родовищ, розвіданість об'єктів.

Вступ. Актуальність теми дослідження пов'язана із значним розширенням напрямів використання рідкісноземельних елементів (РЗЕ) та загостренням питань безпечного і безперервного постачання металів основним споживачам продукції. Ці питання набули особливого стратегічного значення в останні роки для ряду країн, зокрема США, ЄС, Японії, Австралії та ін., де РЗЕ включені до переліку видів критичної мінеральної сировини (*Rare Earth, 2020*). Окрім того, світовий перехід на Green Energy Transition суттєво вплинув на пріоритетність фінансування у сфері надрокористування, переорієнтувавши її на пошук альтернативних джерел, що дозволять втілити в життя обрану стратегію шляхом плавного переходу на безкарбонове виробництво у більшості сфер.

Насамперед ці пошуки націлені на виявлення можливостей видобутку рідкісних та рідкісноземельних металів, оскільки потреба в останніх зростає щороку і зумовлена не лише змінами у світовій економіці, але й зростанням кількості можливих напрямів їх використання (*Михайлов, 2010*).

Нині рідкісноземельні елементи є важливою частиною багатьох сучасних пристроїв, необхідними компонентами більш ніж 200 продуктів, особливо високотехнологічних, таких як мобільні телефони, комп'ютерні диски, електричні та гібридні транспортні засоби, монітори та телевізори з плоским екраном та ін. Ще однією особливою сферою використання РЗЕ є комплектуюча – для обладнання відновної енергетики (наприклад, робота вітрових турбін). Саме з цими напрямами пов'язані надзвичайні темпи зростання споживання рідкісноземельних концентратів та активізація пошуків можливих джерел їх вилучення. Проблема загострюється введеними в останні роки обмежувальними заходами на експорт рідкісноземельної продукції з боку Китаю – її основного постачальника на світові ринки, насамперед з гігантського родовища Баян-Обо (*Chao et al., 1997; Smith and Wu, 2000*), що зумовлює необхідність пошуків нових джерел рідкісних елементів у всьому світі.

Постановка проблеми та її зв'язок з важливими практичними завданнями. Україна є найбільшою рідкісноземельною металогенічною провінцією Європи, родовища пов'язані з лужними сієнітами (Азовське, Анадольське, Петрово-Гнутівське); польовошпатовими метасоматитами урановорудних родовищ (Северинівське, Лозоватське, Калинівське Південне, Балка Корабельна); корами вивітрювання (Хащуватське, Азовське); монацитовмісними розсипами (у Волино-Подільському і Приазовському районах Українського щита (УЩ)). Цей вид сировини є стратегічно важливим для економіки нашої країни, хоча її родовища поки не розроблюються (*Гурський, 2008*).

Україна має свої переваги щодо розвитку мінерально-сировинної бази (МСБ) РЗЕ, які пов'язані з наявністю комплексних родовищ і рудопроявів, 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.

Раніше проведені дослідження та публікації. Вивченням рідкісноземельної мінералізації в Україні займалися численні колективи як виробничників (ДРГП "Північгеологія", КП "Південьукргеологія", КП "Кіровгеологія", 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; Мицкевич и др., 1986; Мінеральні ресурси…, 2017; Melnikov et al., 2000*).

Результати робіт виробничого характеру узагальнено в положеннях Загальнодержавної програми розвитку МСБ України до 2030 р. Відповідно до пункту "Рідкісні землі та ітрій" на території України виявлено кілька сотень об'єктів концентрації РЗЕ, більшість з яких локалізовано в межах УЩ і на прилеглих площах. Тут виділено рідкісноземельну металогенічну провінцію, в якій є прояви зруденіння майже всіх відомих ендогенних та екзогенних рідкісноземельних формацій. У межах цієї провінції розглядаються три райони концентрацій рідкісноземельного зруденіння, у межах яких є родовища і перспективні рудопрояви: Південно-Східний, Північно-

© Михайлов В., Курило М., Кошарна С., 2021

Західний і Центральний. Державним балансом запасів корисних копалин враховано Новополтавське родовище апатит-рідкіснометалічних руд. Також відоме Азовське родовище рідкісних земель, яке виділено за результатами пошуково-оцінювальних робіт. Як перспективи подальшого розвитку в Програмі передбачені такі кроки:

- підготовка до дослідно-промислової експлуатації Азовського цирконій-рідкісноземельного родовища;
- оцінка ресурсів Шевченківського рудного поля, Анадольського прояву та Христофорівської ділянки;
- здійснення оцінки рідкісноземельних руд у корах вивітрювання Сущано-Пержанської зони;
- геологічна оцінка перспективних ультраметаморфічних комплексів УЩ.

Станом на 01.01.2019 р. на державному балансі обліковувались запаси трьох родовищ: Новополтавського, Азовського та Яструбецького (табл. 1). Всі родовища є комплексними.

Таблиця 1

Руди рідкісних металів (*Стан запасів…, н.д.*)

Корисна копалина	Одиниця виміру	Кількість родовищ		Запаси станом на 01.01.2019				Погашено запасів у 2018 р.		
		Всього	Розроб.	Балансові, всього		Балансові, в розробці		Всього	Видобуток	Втрати
				$A+B+C_1$	C_2	$A+B+C_1$	C_2			
Ванадій	Руда, тис. т	13	6	5527,3	995,2					
	Руда/пісок, тис м^3			219888,9	14407,2	202133,9		4559,0	4459,5	99,5
	V_2O_5, Nbc/n			15,50	322,18		256,75	0,23	0,19	0,04
Стронцій	Руда, тис. т	1	1	859627	95858	859627	95858			
	Окис стронцію, тис. т			865	87	865	87			
Руди гафнію	Пісок, тис. м^3	2	2	208685,9	315624,0	202133,9		4559,0	4459,5	99,5
	Оксид гафнію, т			4904,4	11026,8	4476,2	11026,8	283,3	281,1	2,2
Ітрієві лантаноїди	Руда, тис. т	3	1	860524	741358	859627	95858			
	TR_2O_3, тис. т			1939,74	291,66	1938,00	274,00			

У 2019 р. поставлено на баланс також попередньо розвідані запаси Анадольського родовища, для якого було надано спеціальний дозвіл на видобування.

Виділення невирішених частин загальної проблеми. Проведені детальні дослідження вітчизняних науковців та геологів стосуються певних аспектів геології, мінералогії, ресурсної бази родовищ і проявів РЗЕ. На сьогодні актуальною є систематизація і аналіз сукупності наявної різночасової геологічної інформації по всій МСБ РЗЕ, що дозволить виділити найбільш перспективні для інвестора об'єкти з урахуванням конкретних вимог до якості і кількості запасів. Крім цього, узагальнювальні документи містять деякі неактуальні дані щодо родовищ, які вже надані у користування, що потребує актуалізації.

Формулювання цілей статті. Метою статті є систематизації масиву накопичених даних з рідкісноземельної мінералізації України за геологічними, гірничо-технічними, технологічними, ресурсними і економічними показниками, проведення ранжування вітчизняних родовищ і проявів РЗЕ з метою оцінки їх інвестиційної привабливості на принципах, висвітлених у більш ранніх роботах авторів (*Михайлов та ін., 2017; Михайлов та Курило, 2017*).

Виклад матеріалу дослідження. В Україні відомі родовища як традиційних типів, пов'язані з карбонатитами (Новополтавське) і маріуполітами (Октябрське), так і нетрадиційних: багаті цирконієві і рідкісноземельно-цирконієві руди безнефелінових сієнітів (Азовське та Яструбецьке) (рис. 1). Крім того, в Приазов'ї знаходиться прояв багатих руд церієвої групи (Петрово-Гнутівський), складений паризитом, кальцитом і флюоритом. Характер розподілу рідкісних земель у породах УЩ детально розглянуто в роботі (*Мицкевич и др., 1986*), де показано, що накопичення легких лантаноїдів пов'язане з карбонатним метасоматозом, а ітрію і важких лантаноїдів – з процесами калієвого метасоматозу і грейзенізації.

Особливий інтерес становлять карбонатити Новополтавського, маріуполіти Октябрського масивів, лужні метасоматити Сущано-Пержанської зони. За зв'язком з типами порід ендогенна рідкісноземельна мінералізація може бути: 1) цирконій-торій-рідкісноземельною в гранітах, сієнітах і пегматитах (Миколаївське і Сабарівське родовища Придніпров'я, Яструбецьке – Полісся, Успенський прояв Приазов'я); 2) ітрій-рідкісноземельно-цирконієвою і церій-лантановою в лужних сієнітах (Азовське, Анадольське, Петрово-Гнутівське родовища Приазов'я); 3) уран-торій-ітрій-рідкісноземельною в калієвих і натрієвих метасоматитах (Лозуватське, Калинівське, Південне – Кіровоградського УРР). Руди більшості родовищ України належать до бідних, і саме з цим пов'язані труднощі їхньої експлуатації.

Виділяють чотири найважливіших райони розвитку ендогенної рідкісноземельної мінералізації:

1. Подільський, де вона пов'язана з гранітами бердичівського і житомирського комплексів, діоритами і гранодіоритами Звенигородського комплексу;
2. Пержанський рудний вузол з пержанськими гранітами, сієнітами і калієвими метасоматитами з цирконом і бритолітом (Яструбецьке);
3. Криворізький УРР з калієвими і натрієвими метасоматитами, сієнітами корсунь-новомиргородського комплексу;
4. Приазовський – з гранітами і пегматитами салтичанського, анадольського (Анадольське), кам'яномогильського комплексів, карбонатитами чернігівського (Новополтавське), сієнітами південнокальчицького комплексу (Азовське).

Крім ендогенної, відомі прояви рідкісноземельної мінералізації, пов'язаної з корою вивітрювання, а також монацитовмісні розсипи (Волино-Подільський і Приазовський р-ни).

Опис родовищ рідкісноземельних елементів наводиться за літературними джерелами (*Гурський та ін., 2006; Загнітко та ін., 2017; Михайлов та ін., 2007; Михайлов, 2010 та ін.*).

Новополтавське карбонатитове рідкіснометалічно-апатитове родовище Приазов'я належить до великих комплексних об'єктів. Воно локалізовано в карбонатитах чернігівського комплексу, які є складовою частиною приуроченої до зони Оріхово-Павлоградського глибинного розлому субмеридіональної складнопобудованої смуги лужно-ультраосновних порід і метасоматитів з довжиною 12 і шириною до 1 км. Апатитоносні карбонатити,

нефелінові і лужні сієніти складають кулісоподібні крутопадаючі тіла потужністю від 10–20 до 100 м, що простягаються на відстань від перших сотень метрів до перших кілометрів. Родовище складене кальцитовими і кальцит-доломітовими карбонатитовими рудами, поклади мають дайко- і штокоподібну форму з різкими, крутими контактами з вмісними фенітами, нефеліновими сієнітами та ійоліт-мельтейгітами. Найважливішим рудним компонентом є апатит, присутні також монацит, пірохлор, церієвий фергюсоніт, колумбіт, гатчетоліт, циркон, баделеїт, ортит, ешиніт і ферсміт. У карбонатитах сумарний вміст рідкісних земель досягає 0,17–4,6 %; Nb_2O_5 – 0,06–0,3 %; Ta_2O_5 – 0,002–0,003 %; P_2O_5 – 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. Багато РЗЕ, які можуть бути вилучені, зосереджено в апатиті (середній вміст 1,0–1,5 %, максимальний – 8–11 %). У апатитах серед РЗЕ переважають Ce (0,6–1,1 %) і La (0,1–1,6 %), присутні (г/т): Y (150–600), Sm (250–400), Eu (40–150), Tb (40–100), Yb (10–20), Lu (0,3–0,7).

Рис. 1. Схема розміщення 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 – Ліпняжська; VIII – Хмелевська; IX – Кіровоградська; X – Новоукраїнська; XI – Північнотерсянська; XII – Федорівська; XIII – Південнодонбаська; XIV – Гайчурська; XV – Чернігівська; XVI – Сорокинська; XVII – Октябрська; XVIII – Кальміуська. ***Родовища***: 1 – Малобеганське (Ge); 2 – Яструбецке (РЗЕ, Zr); 3 – Пержанське (Be); 4 – Станкуватське (Li, Ta, Nb); 5 – Лозоватське (РЗЕ, U, Th); 6 – Калинівське (РЗЕ, U, Th); 7 – Полоховське (Li, Ta, Nb); 8 – Южне (РЗЕ, U); 9 – Тарасівське (РЗЕ); 10 – Жовторіченське (Sc, U, Th, Fe, V); 11 – Новополтавське (Nb, РЗЕ); 12 – Успенівське (РЗЕ); 13 – Шевченківське (Li); 14 – Воскресенівське (Li); 15 – Крута Балка (Ta, Nb, Li); 16 – Азовське (РЗЕ, Zr, Nb); 17 – Мазурівське (Nb, Zr); 18 – Анадольське (РЗЕ); 19 – Покрово-Кириївське (Be, РЗЕ); 20 – Петрово-Гнутівське (РЗЕ)

За розрахунками, лише вилучення РЗЕ з апатиту може окупити всі витрати на освоєння та експлуатацію родовища. Середній вміст апатиту в карбонатитах становить 10 %, іноді досягаючи 30–50 % в невеликих фоскоритових тілах. ПРАТ "Волинська гірничо-хімічна компанія" отримано спеціальний дозвіл з метою видобування рідкіснометалічно-апатитових руд Новополтавського родовища. Нині видобуток на родовищі не проводиться.

Октябрське (Мазурівське) родовище належить до комплексних цирконій-рідкісноземельно-ніобієвих родовищ. Воно приурочене до Октябрського масиву нефелінових сієнітів з пірохлор-цирконієвими рудами в альбітитах і маріуполітах. Рудні мінерали в маріуполітах і пов'язаних з ними альбітитах представлені пірохлором, цирконом, бритолітом. Вміст РЗЕ в рудах в середньому сягає 0,2 %, у бритоліті – 65 %, у пірохлорі – 1–5 %. Планується комплексна розробка руд як глиноземної сировини з попутним вилученням РЗЕ. Прогнозні ресурси – 200 тис. т TR_2O_3.

Азовське родовище належить до нового промислово-генетичного типу, не має світових аналогів. Воно розташоване в північно-східній частині Володарського масиву Приазовського блоку; масив складений інтрузивними породами палеопротерозойського південнокальчицького комплексу. Родовище приурочене до серії сієнітових штоків, найбільший з яких – Азовський (1,3 км^2), складений лужно-польовошпатовими, піроксен-амфіболовими і кварцовими сієнітами і пегматитами. Широко розвинені амфіболові сієніти і лужні метасоматити. Серед лужно-польовошпатових сієнітів виявлено дев'ять рудних тіл, представлених кумулятивними прошарками серпоподібної форми, збагачених рудними мінералами, їх потужність сягає декількох метрів. Головне рудне тіло має довжину 1640 м, середню потужність 32 м. Рудоносні різновиди частіше представлені мезо- і меланократовими сієнітами (з ферогастингситом, геденбергітом, фаялітом), рідше лейкократовими. Є рідкісноземельно-цирконієві і цирконієві типи руд. Руди вкраплені, склад полімінеральний і бритолітовий. Рудні мінерали: бритоліт, бастнезит, ортит, циркон, монацит, чевкініт, ітріаліт, магнетит, рабдофаніт, флюорит. Вміст РЗЕ в рудах зазвичай становить перші відсотки, іноді досягаючи 20–30 %, а вміст Zr коливається від 0,02 до 27 %. Середній вміст TR_2O_3 – 1,27 %, ZrO_2 – 1,5 %. У технологічній пробі встановлено вміст (% від суми РЗЕ): Ce – 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 і Y – 0,5; у руді присутні U (0,0012-0.0142 %) і Th (0,0035-0,094 %).

Циркон утворює густу вкрапленість (1–3 мм), зростки зерен, рудні агрегати, зростки з польовими шпатами, амфіболами, рідкісноземельними мінералами. Бритоліт (головний рідкісноземельний мінерал) утворює вкрапленість, зростки і агрегати призматичних кристалів неправильної форми з виділенням до 2–3 см в пегматоїдних ділянках. Перебуває в парагенезисі з цирконом, ортитом і рідкісним чевкінітом. Бритоліт 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 бритолітом, 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 бритоліту і ортиту. Містить (%): Y_2O_3 – 4,14, TR_2O_3 – 56,36; La – 12; Ce – 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 %) і Zr_2O_3 – 1,5%, або 710 тис. т TR_2O_3, з яких 20 % становлять Y-лантаноїди, а також 840 тис. т Zr_2O_3.

Технологічні дослідження руд показали можливість застосування схеми гравітаційно-магнітного збагачення їх зернистої фракції і 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 іонно-обмінною технологією. Цирконовий концентрат відповідає сорту "цирконовий концентрат металургійний", польовошпатовий придатний для використання в 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 – бритоліті, 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 "Південьукргеологія" в минулі роки були проведені пошуково-оціночні роботи й підраховані запаси та перспективні ресурси комплексних цирконій-рідкісноземельних руд.

Яструбецьке родовище цирконієвих руд є аналогом попереднього, проте тут поки не виявлені багаті руди РЗЕ, хоча в сієнітах є той же набір мінералів (бритоліт, ортит, бастнезит), що і в Азовському родовищі. Родовище розташоване в південно-західній частині Пержанського рудного вузла, пов'язане з однойменним масивом лужних сієнітів, до якого приурочені декілька серповидних рудоносних зон завдовжки до 2 км, потужністю 5–120 м, збагачених цирконом. Присутні також ільменіт, магнетит, апатит, ортит, бастнезит, паризит, флюорит, бритоліт та ін. Сумарний вміст РЗЕ в окремих тілах досягає 0,07–0,3 %, іноді 1,24 %. Головні рудні мінерали – бритоліт і циркон; вміст (%) TR_2O_3 в бритоліті може досягати 50,2; 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; Tu_2O_3 – 0,4; Eu_2O_3 – 0,1. У цирконі вміст TR_2O_3 + Y_2O_3 становить 1,24 % при вмісті Hf 0,8 % і 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. Склад циркону істотно ітрієвий, а бритоліту – ітрій-церієвий.

Родовище вважається великим, проте значна глибина залягання відомих рудних тіл (понад 500 м) ускладнює його можливу промислову розробку. Воно може бути джерелом попутного видобутку такої нерудної сировини, як польові шпати і флюорит.

Успенівський прояв Західного Приазов'я приурочений до тіл пегматитів і пегматоїдних гранітів. Він локалізується в альбітизованих крайових ділянках. Вмісні породи представлені кварцитами і гнейсами осипенківської серії. Потужність рудних тіл коливається від декількох сантиметрів до 59 м при довжині до 300 м. За мінеральним складом зруденіння ксенотим-циртоліт-уранінітове. Вміст РЗЕ – від 0,03 до 0,11 %, Y – до 0,015 %. Продуктивна кора вивітрювання, розкрита на глибині 78–92 м, містить до 5,45 кг/т ксенотиму і до 34 г/т монациту, має високу радіоактивність. Вік уранової мінералізації в пегматоїдних гранітах – 2,0–1,9 млрд р.

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 з вмістом TR_2O_3 – 0,1–16,7 % (середнє – 9,23 %). Руди масивні, плямисті, грубо- і тонкосмугасті, з високим вмістом Fe_2O_3, Fe і Ca, підвищеним – Mn, P і F, низьким – SiO_2 і Al_2O_3. Рідкісноземельні мінерали представлені ортитом, церитом, цербастнезитом, 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. Бастнезит приурочений до міжзернових ділянок ортиту і заміщує останній. Вміст TR_2O_3 у бастнезиті – 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-Гнутівський прояв розташований у долині р. Кальміус на північному сході від м. Маріуполя, представлений крутопадаючою флюорит-рідкісноземельно-карбонатною жилою (до 3 м) у 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, бастнезиту, паризиту і флюориту. Вмісні діалагові сієніти лежачого боку рудного тіла фенітизовані (25–30 м). Феніти представлені альбітизованими калішпатовими породами з опалоподібним блакитним кварцом і утворюють штокверкову систему прожилків з високою (до 11 %) концентрацією ортиту. У висячому боці граносієніти перетворені на апатит-сфен-альбіт-арфведсоніт-егіринові феніти з цирконом, чевкінітом, ільменітом, магнетитом і гематитом.

Ця зона (до 10 м) перетинається прожилками титаніту (який містить 0,37 % Nb_2O_3 і 1,28 % TR_2O_3), флюориту і кальциту. У контакті висячого боку рудного тіла відзначаються облямівки флюорит-карбонат-егіринового

складу. Рудні парагенезиси представлені ранньою асоціацією флюоцериту, бастнезиту, паризиту, кальциту і пізньою – флюориту, галеніту, аргентиту і інших сульфідів. Ізотопний вік галеніту – 2,1–1,92 млрд р. Головні рудні мінерали – бастнезит і паризит – у зростках з 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 бастнезиті й 52,3 % – у паризиті. Руда має селективний церієвий склад. У паризиті La + Nd становлять 94,7 % і Sm + Lu – 5,3 %, а у флюориті вміст Y і важких лантаноїдів – 87,6 і 98,3 % від вмісту РЗЕ.

Рідкісноземельна мінералізація, пов'язана з польовошпатовими метасоматитами, відома на урановорудних полях і родовищах Кіровоградського УРР (Лозуватське, Калинівське, Південне), де розвинені як альбітити, так і натрій-фосфорні метасоматити з уранторій-ітрій-рідкісноземельною мінералізацією (малакон, циртоліт, монацит, ортит, ксенотим), а також апатитом.

Характерним рідкісноземельним об'єктом, пов'язаним з калієвим метасоматозом, є прояв ***Балка Корабельна***, виявлений у 1959 р. Він представлений крутопадаючим лінзоподібним покладом інтенсивно катаклазованих 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. Потужність 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 при підпорядкованій 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 вздовж 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.

У зв'язку з карбонатитовими і лужними комплексами УЩ відомі й інші потенційні джерела РЗЕ (Малотерсянське пірохлор-гатчетолітове родовище Придніпров'я; Пержанське берилієве родовище з рідкісноземельною мінералізацією; Проскуровський і Антоновський масиви лужних порід Побужжя та ін.). Отже, навіть вже відомі родовища рідкісних металів можуть не тільки забезпечити потреби України в РЗЕ, а й бути надійним джерелом валютних надходжень за рахунок можливого експорту їх концентратів (монацит, хлориди, оксиди і фториди рідкісних земель, ксенотим та ін.).

Прикладом екзогенної рідкісноземельної мінералізації, пов'язаної з корою вивітрювання, може бути ***Хащуватське родовище***, відоме з початку XX ст. як залізомарганцеве. Воно локалізоване в корі вивітрювання уманських рідкісноземельних гранітів, метасоматитів, метаморфізованих ультрамафітів, вапняно-магнезіальних скарнів, хлоритизованих і окварцованих амфіболітів та інших у межах Y-подібного зчленування Хмельницького, Тальнівського та Одеського розломів. Кора вивітрювання має значну потужність (20–100 м) і чіткий каолінітовий профіль. Найбільш потужна кора (до 100 м) зустрічається у вигляді кишень на метасоматитах екзоконтактів гранітів. Її особливість – підвищений вміст заліза аж до утворення залізних руд. Зруденіння представлене покладом (13,7 м) залізисто-каолініт-гідрослюдистих руд, серед яких РЗЕ містяться у вигляді адсорбентів на поверхні залізистих і глинистих мінералів, частково – у формі власних мінералів (черчит, рабдофаніт). Руди мають істотно ітрієвий склад (Y_2O_3 – 85 % від TR_2O_3). Черчит і рабдофаніт утворюють невеликі гнізда, ниркоподібні і складні за формою вкраплення, прошарки крупно- і дрібнозернистої, іноді сферолітової будови. Присутні також рутил, циркон, шпінель, барит, апатит. Хімічний склад покладу в корі вивітрювання метасоматитів і кальцифірів відрізняється підвищеним вмістом Fe_2O_3 (20,12 %) і MnO (1,59 %). Вилучення черчиту і рабдофаніту можливе за гравітаційною схемою.

Крім корінних родовищ, в Україні відомі великі титан-циркон-ільменітові розсипи в Житомирській області (р. Гнилоп'ять, Соб, Роставиця, Жежелівська 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).

Розвиток даного напряму в Україні загалом може вважатися перспективним, хоча суттєвою перепоною нині є погана розвіданість об'єктів потенційного видобутку РЗЕ. За відсутності можливості їх ранжування за об'ємами запасів та ресурсів, оскільки для багатьох об'єктів обсяги запасів і ресурсів не оцінювались або були оцінені різними способами без урахування достовірності інформації, як основні критерії оцінки було використано ряд інших факторів, що визначають промислову цінність родовищ, зокрема:

- вміст корисних компонентів TREO (середні, мінімальні і максимальні зафіксовані значення);
- складність геологічної будови, що визначає гірничо-технічні умови видобутку;
- глибина залягання рудних тіл;
- потужність рудних тіл (прийнято, що мінімальна виїмкова технічна потужність становить 0,5 м)
- складність процесу збагачення руди (необхідність використання індивідуальних схем збагачення);
- комплексність родовища (наявність урану знижувало оцінку у зв'язку зі складністю отримання спеціального дозволу та коректної організації проведення робіт із видобутку);
- ступінь геологічного і техніко-економічного вивчення.

У табл. 2 представлено результати ранжування за бальною експертною оцінкою. У табл. 3 наведено перелік об'єктів та деякі їх кількісні параметри, за якими проведено оцінку та ранжування вітчизняних рідкісноземельних проявів та родовищ (рис. 2). Для кожної кількісної та якісної ознаки було проведено групування за сприятливістю для вивчення та освоєння ділянки надр. Було виділено від 3 до 5 груп з відповідним розподілом балів: чим більш сприятлива ознака, тим вищий бал для конкретної групи. Для проведення ранжування використано такі оціночні параметри з розподілом груп і балів:

- для оцінки рудних мінералів використано розподіл за досвідом їх збагачуваності та вилучення корисних компонентів (виділено 3 групи);

• за глибиною залягання виділено теж 3 групи (до 100 м, 100–500 м, глибше 500 м);

• за потужністю виділені об'єкти: малопотужні (перші метри), середньої потужності – до 10 м і потужні – більше 10 м;

• кількість груп складності будови відповідає кількості груп за Класифікацією запасів і ресурсів корисних копалин Державного фонду надр із розподілом балів 3 – проста будова, 2 – складна будова, 1 – дуже складна будова;

• вміст корисного компонента суми оксидів РЗЕ оцінено для 3 груп: ΣРЗЕ менше 1 %, ΣРЗЕ 1–5 %, ΣРЗЕ більше 5 %;

• ступінь вивченості оцінювався по групах, які відповідають розвіданим і попередньо розвіданим запасами та перспективним і прогнозним ресурсам згідно із Класифікацією запасів і ресурсів корисних копалин Державного фонду надр;

• комплексність оцінена за двома групам (відповідно до наявності супутніх корисних компонентів).

Таблиця 2

Ранжування вітчизняних проявів та родовищ РЗЕ за ознаками, які визначають їх промислову цінність

Родовище/прояв	Рудні мінерали	Глибина	Потужність	Складність будови	TREO	TREO min	TREO max	Ступінь вивченості	Комплексність	Σ
Тимошівський					1	1	1		1	**4**
Знам'янський					1	1	1		1	**4**
Ярівський					1	1	1		1	**4**
Хащуватське	1		3	1					2	**7**
Салтичанський комплекс	2	1	1	1	1	1	1	1	1	**8**
Соломівська і Західнохащуватська ділянки		2	3	1	1				1	**8**
сс. Губник і Клебань	2		3	1	1		1	1	1	**10**
Луговський масив	1	1	1	1	1	1	1	1	2	**10**
Токівський масив	2			1	1	2	2	1	1	**10**
Рудопрояв Сторожовий	1	1	3	1	1	1	1	1	1	**11**
Майдан-Голосківське	3		3	2	1			1	1	**11**
Сабарівське	3		3	2	1			1	1	**11**
Ровський рудопрояв	3	1	3	1	1			1	1	**11**
Мазурівське	1	1	1	2	1	1	1	2	2	**12**
Покрово-Киріївське	3		2	1	1	1	1	1	2	**12**
Успенівський рудопрояв	1	2	3	1	1	1	1	1	1	**12**
Краснянське поле			2	1	2	2	3	1	1	**12**
Малоянісольський	3	3		1	1	1	1	1	1	**12**
Азовський шток (кори вивітрювання)	1		3	1	1	1	2	1	2	**12**
Катеринівський	3	3		1	1	1	1	1	1	**12**
Миколаївське	3	1	3	2	1			1	1	**12**
Петрово-Гнутівське	3	2	2	1	2			1	2	**13**
Мало-Янисольська	3	3			2	1	3	1	1	**14**
Темрюцька	3	3			2	1	3	1	1	**14**
Василівська	3	3			2	1	3	1	1	**14**
Портова	3	3				3	3	1	1	**14**
Буденівська	3	3				3	3	1	1	**14**
Пержанський рудний вузол	2	1	1	1	1	2	3	1	2	**14**
Яструбецький	2		1	2		2	3	2	2	**14**
група рудопроявів Балка Корабельна	3	3	3	2	1		2		2	**16**
Новополтавське	1	2	3	2	1	1	2	3	2	**17**
Азовське	1	2	3	2	2	1	2	2	2	**17**
Анадольске	1	1	2	2	3	1	3	2	2	**17**

Таблиця 3

Кількісні параметри, за якими проведено оцінку та ранжування рідкісноземельних проявів та родовищ

Корисні компоненти	Родовище/прояв	Рудні мінерали	Глибина, м	Потужність, м	РЗЕ	РЗЕ min	РЗЕ max
Приазовська металогенічна область							
Західноприазовський рудний район							
РЗЕ	Чернігівський комплекс, Новополтавське родовище	фергюсоніт, монацит, бастнезит, ортит				0,17	4,6
РЗЕ, CaF_2	Покрово-Киріївське	ксенотим		1,5	0,6	0,5	0,8
РЗЕ	Успенівський рудопрояв	ксенотим, циртоліт, уранініт	92	0–59		0,03	0,11
Східне Приазов'я							
РЗЕ, Zr	Азовське	бритоліт, бастнезит, ортит, циркон, монацит, чевкініт	до 300		1,27		
Ta, Nb, Zr, РЗЕ	Мазурівське	бритоліт, циркон, чевкініт			0,3		
РЗЕ, Fe, Mn	Анадольске	ортит, церит, бастнезит	500	0,7–3,0	9,23	0,1	16,7
РЗЕ, Nb	Петрово-Гнутівське	бастнезит, паризит	150	0,5–3,0	1,28		
РЗЕ	Краснянське поле			0,3–3,0	2,0	1,14	6,1

Закінчення табл. 3

РЗЕ	Рудопрояв Сторожовий	монацит, чевкініт, бритоліт, бастнезит	250	3–20			
РЗЕ	Салтичанський комплекс	ортит					
Розсипи, у т.ч. ділянки							
РЗЕ	Катеринівська	ксенотим, монацит					
РЗЕ	Малоянісольська	монацит					
РЗЕ, Zr	Кори вивітрювання Азовського штоку	рабдофаніт, черчит		до 20		0,5	1,21
Інші розсипи Приазовського району, у т.ч. ділянки							
РЗЕ	Мало-Янісольська	монацит			54,6	50	58
РЗЕ	Темрюцька	монацит			54,6	50	58
РЗЕ	Василівська	монацит			54,6	50	58
РЗЕ	Портова	монацит, циркон				53	56
РЗЕ	Буденівська	монацит, циркон				53	56
Хмільницько-Вінницька група							
РЗЕ	Миколаївське	монацит, циркон, ксенотим		0,5–30,0			
РЗЕ	Майдан-Голосківське	монацит		0.5–15,0			
РЗЕ	Сабарівське	циркон-монацит		35–100			
РЗЕ	с. Губник і Клебань	ортит		2–16			19
РЗЕ	Ровський рудопрояв	монацит	225	4–30			
Волинська металогенічна область							
РЗЕ, F,Pb, Y	Пержанський рудний вузол	циркон, бритоліт				4	9
РЗЕ, Y	Луговський масив	циртоліт					
РЗЕ, CaF2	Яструбецький масив	циркон, бритоліт		10–20 см		1,24	50,2
Придніпровська металогенічна область							
РЗЕ	Токівський масив	ортит				3	5
Побузький район							
U, РЗЕ	Лозоватське						
U, РЗЕ	Калинівське						
U, РЗЕ	Південне						
U, Th, Y, РЗЕ	Балка Корабельна	монацит, ксенотим	50	20	2		4,4
РЗЕ	Соломівська та Західно-хащуватська ділянки		100	14	0,24		
РЗЕ, Fe, Mn	Хащуватське	черчит, рабдофаніт,		13,7			
Корсунь-Новомиргородський плутон							
РЗЕ	Тимошівський				0,2	0,14	0,4
РЗЕ	Знам'янський				0,2	0,14	0,4
РЗЕ	Ярівський				0,2	0,14	0,4

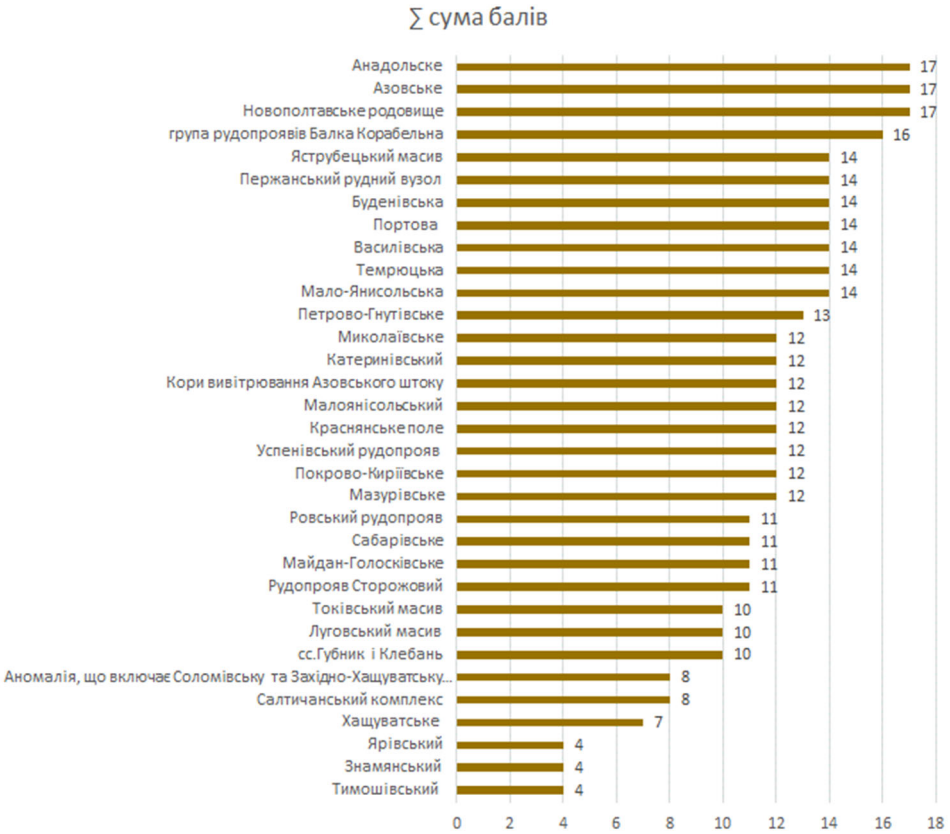

Рис. 2. Результати бальної оцінки факторів, які визначають промислову цінність родовищ

Висновки. За результатами проведеного ранжування вітчизняних родовищ та проявів РЗЕ можна виділити групу об'єктів з максимальною кількістю балів, які є найбільш інвестиційно привабливими для подальшого промислового освоєння. Це група із сумою балів 15–17: родовища Новополтавське, Анадольське, Азовське та група рудопроявів Балка Корабельна. Треба відзначити, що перші три характеризуються найвищим ступенем геологічної та техніко-економічної вивченості, а на перші два об'єкти надані спеціальні дозволи на видобування. Останній об'єкт цієї групи відзначається високими якісними параметрами, але потребує довивчення і підрахунку запасів із технологічним і гірничо-технічним обґрунтуванням кондицій.

Наступну групу з оцінкою 11–14 балів можна рекомендувати як можливі об'єкти інвестування із врахуванням геологічних, технологічних ризиків їх освоєння, що зумовлено або низьким ступенем вивченості, недостатніми якісними показниками (порівняно з іншими відомими об'єктами) або технологічними факторами.

Враховуючи безсумнівний економічний пріоритет широкомасштабного використання РЗЕ в сучасному світі, подальші перспективи в Україні тісно пов'язані з активними пошуковими та розвідувальними роботами, зокрема в межах Українського щита.

Для першочергового геологічного і технологічного вивчення найбільший інтерес нині становить група рудопроявів Балка Корабельна, а також розсипи Приазовського району, зокрема Мало-Янисольська, Темрюцька та Василівська ділянки, що зумовлюється суттєвими вмістами РЗЕ, низьким рівнем складності процесу збагачення рудних мінералів, простими гірничодобувними умовами.

Список використаних джерел

Гурський, Д.С. (2008). Концептуальні засади державної мінерально-сировинної політики щодо використання стратегічно важливих для економіки країни корисних копалин. Львів: ЗУКЦ.

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".

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.

Михайлов, В.А., Шевченко, В.І., Огар, В.В. та ін. (2007). Металічні корисні копалини України. Підручник. К.: "Київ. ун-т".

Михайлов, В.А. (2010). Редкоземельные руды мира: геология, ресурсы, экономика. К.: "Київ. ун-т".

Михайлов, В., Загнітко, В., Курило, М. (2017). Перспективи інвестицій в мінерально-сировинний комплекс України. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*, 1 (76), 47–51.

Михайлов, В.А., Курило, М.М. (2017). Оцінка інвестиційної привабливості об'єктів мінерально-сировинної бази України. *Мат-ли IV науково-практичної конференції "Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування", Трускавець, 6–10 листопада 2017 р.*, 135–139.

Мицкевич, Е.Ф., Беспалько, Н.А., Егоров, О.С. и др. (1986). Редкие элементы Украинского щита. К.: Наук. думка.

Мінеральні ресурси України. (2017). К.: ДНВП "Державний інформаційний геологічний фонд України".

Стан запасів корисних копалин. (н.д.). Отримано з http://minerals-ua.info/stan-zapasiv.php

Chao, E.C.T., Back, J.M., Minkin, J.A. et al. (1997). The Sedimentary Carbonate-Hosted Giant Bayan Obo REE-Fe-Nb Ore Deposit of Inner Mongolia, China: A Cornerstone Example for Giant Polymetallic Ore Deposits of Hydrothermal Origin. *USGS Bulletin*, 2143. Отримано з http://pubs.usgs.gov/bul/b2143/intro.html

Melnikov, V.S., Kulchitskaya, A.A., Kryvdik, S.G. et al. (2000). The Azov Deposit – a New Type of Rare-Metal Objects of Ukraine. *Miner. Jour.* (*Ukraine*), 22, 5/6, 39–49.

Rare Earth. Minerals Yearbook. Metals and minerals Mineral commodity summaries. (2020). Vol. I. Wash.: USGS. P. 132–133.

Smith, M., Wu, C. (2000). The Geology and Genesis of the Bayan Obo Fe-Ree-Nb Deposit: A Review. http://www.portergeo.com.au/feoxbook/purchase.asp *Hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold & Related Deposits: A Global Perspective*. Adelaide: PGC Publishing, 1, 271–281.

References

Chao, E.C.T., Back, J.M., Minkin, J.A. et al. (1997). The Sedimentary Carbonate-Hosted Giant Bayan Obo REE-Fe-Nb Ore Deposit of Inner Mongolia, China: A Cornerstone Example for Giant Polymetallic Ore Deposits of Hydrothermal Origin. *USGS Bulletin,* 2143. Retrieved from http://pubs.usgs.gov/bul/b2143/intro.html.

Hurskyi, D (2008). Conceptual principles of the state mineral resources policy on the use of strategically important minerals for the country's economy. Lviv: ZUKC. [in Ukrainian]

Hurskyi, D., Yesypchuk, K., Kalinin, V. et al. (2005). Metallic and non-metallic minerals of Ukraine. Vol. I. Metallic minerals of Ukraine. Lviv: Center of Europe Press. [in Ukrainian]

Melnikov, V.S., Kulchitskaya, A.A., Kryvdik, S.G. et al. (2000). The Azov Deposit – a New Type of Rare-Metal Objects of Ukraine. *Miner. Jour. (Ukraine),* 22, 5/6, 39–49.

Mineral Resources of Ukraine. (2017). Kyiv: SRDE "Geoinform Ukraine". [in Ukrainian]

Mitskiewicz, E.F, Bespalko, N.A, Egorov, O.S. et al. (1986). Rare elements of the Ukrainian shield. K.: Nauk. Dumka. [in Russian]

Mykhailov, V. (2010) World rare earth ores: geology, resources, economics. K.: Kyiv University. [in Russian]

Mykhailov, V., Kurylo, M. (2017). Investment attractiveness estimation of objects of mineral resource base of Ukraine. *Materials of the IV scientific-practical conference "Subsoil use in Ukraine. Investment Prospects"*, Truskavets, November 6–10, 2017, 135–139. [in Ukrainian]

Mykhailov, V., Shevchenko, V., Ogar, V. et al. (2007). Metallic minerals of Ukraine. Textbook. K: Kyiv University. [in Ukrainian]

Mykhailov, V., Zagnitko, V., Kurylo, M. (2017). Prospects for investment in the mineral resources sector of Ukraine. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 1 (76), 47–51. [in Ukrainian]

Rare Earth. Minerals Yearbook. Metals and minerals. Mineral commodity summaries. (2020). Vol. I. Wash.: USGS. P. 132–133.

Smith, M., Wu, C. (2000). The Geology and Genesis of the Bayan Obo Fe-Ree-Nb Deposit: A Review. http://www.portergeo.com.au/feoxbook/purchase.asp *Hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold & Related Deposits: A Global Perspective.* Adelaide: PGC Publishing, 1, 271–281.

The state of mineral reserves. (n.d.). Retrieved from http://minerals-ua.info/stan-zapasiv.php

Zagnitko, V., Mykhailov, V., Kryvdik, S., Sidorchuk, V. (2017). Genetic features and resources of rare metal deposits of the Ukrainian Shield. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 1 (76), 58–65.

Надійшла до редколегії 02.02.21

V. Mykhailov, Dr. Sci. (Geol.), Prof.,
E-mail: vladvam@gmail.com;
M. Kurilo, Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof.,
E-mail: kurilo@mail.univ.kiev.ua;
S. Kosharna, Cand. Sci. (Geol.),
E-mail: sofiia.kosharna@ukr.net;
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Institute of Geology,
90 Vasilkivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine

GEOLOGICAL INDUSTRIAL ASSESSMENT AND RANKING OF PROMISING OBJECTS OF THE DOMESTIC BASE OF RARE EARTH ELEMENTS

Changes in the priority areas of financing in the field of subsurface use and their widespread reorientation to the search for alternative sources of raw materials which could ensure the development of modern high-tech industries are the promising direction for the country's growth in sustainable development conditions and Green Energy Transition. And at the moment the only resource that can ensure safe progress in the future and plays an important role in today's technological development is rare earth elements (REE).

Within the framework of this study information on the current state of awareness about the REE mining prospects in Ukraine was analyzed and generalized; the systematization and updating of available data on quantitative and qualitative REE ore occurrences and deposits characteristics and their geological and industrial parameters was done; the main obstacles / barriers to the active mining development on these objects of potential extraction were identified. The obtained ranking results of domestic deposits and REE manifestations prove the expediency of investing in geological exploration and mining operations conducted in certain areas, which are identified as the most attractive for further industrial development and generally emphasize the prospects of the studied area and justify the need in intensification of selected rare earth objects field development.

Keywords: rare earth elements, deposits of geological and industrial parameters, rare earth mineralization, industrial value of deposits, explored objects.

В. Михайлов, д-р геол. наук, проф.,
E-mail: vladvam@gmail.com;
М. Курило, канд. геол. наук, доц.,
E-mail: kurilo@mail.univ.kiev.ua;
С Кошарна, канд. геол. наук,
E-mail: sofiia.kosharna@ukr.net;
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,
УНИ "Институт геологии", ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина

ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ОЦЕНКА И РАНЖИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ БАЗЫ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Изменения приоритетных направлений финансирования в сфере недропользования и их повсеместная переориентация на поиск альтернативных источников сырья, которые могли бы обеспечить развитие современных высокотехнологичных производств, является многообещающим направлением роста страны в условиях устойчивого развития и перехода на Green Energy Transition. На сегодняшний день тем самым ресурсом, который может обеспечить безопасный прогресс в будущем и играет важную роль в технологическом развитии сегодня, являются редкоземельные элементы (РЗЭ).

В рамках исследования проанализирована и обобщена информация о современном состоянии осведомленности относительно перспектив добычи РЗЭ в Украине; проведена систематизация и актуализация имеющихся данных о количественных и качественных характеристиках рудопроявлений и месторождений РЗЭ и их геолого-промышленных параметров; определены основные препятствия для активного развития работ на объектах потенциальной добычи. Полученные результаты выполненного ранжирования отечественных месторождений и проявлений РЗЭ доказывают целесообразность инвестирования работ в сфере геологических изысканий и реализации добычи на отдельных участках, которые определены, как наиболее инвестиционно привлекательные для последующего промышленного освоения и в целом подчеркивают перспективы исследуемого направления и обосновывают необходимость интенсификации разработки выделенных объектов редкоземельного сырья.

Ключевые слова: редкоземельные элементы, геолого-промышленные параметры месторождений, редкоземельная минерализация, промышленная ценность месторождений, разведанность объектов.