

УДК 553.048

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.104.10>Станіслав ЛИТВИНЮК, канд. геол. наук
ORCID ID: 0000-0003-3763-2100
e-mail: lytvyniuksf@gmail.com

Державна комісія України по запасах корисних копалин, Київ, Україна

Наталія БАРЯЦЬКА, д-р геол. наук
ORCID ID: 0000-0002-8068-2464
e-mail: bariatskaN@gmail.com
ТОВ "Софтмайн", Київ, Україна

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ОЦІНКИ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ КРИТИЧНОЇ МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ УКРАЇНИ

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол. наук, доц. М.М. Курило)

Промислова та технологічна увага до критичної (стратегічної) мінеральної сировини у глобальній економіці з огляду на її природну обмеженість набуває ключового значення. Забезпеченість країни (або регіону) сировиною є чинником економічної безпеки, автономності та засобом страхування від глобальних криз. Світові та регіональні аналітичні дослідження щодо оцінки ресурсів мінеральної сировини, в контексті розвитку циркулярної та ресурсоефективної (низьковуглецевої) економіки, виявили ряд проблемних питань, пов'язаних з різними методичними підходами до оцінки, класифікації, обліку та управління критичної мінеральної сировини (КМС). Уніфікація таких підходів для економічно пов'язаних регіонів є шляхом до створення надійних ланцюгів постачання КМС та сталого економічного розвитку.

З метою виконання окреслених завдань було використано широкий комплекс досліджень, який включає загальнонаукові та спеціальні методи наукових і прикладних досліджень. Окрім загальнотеоретичних методів аналізу, статистики та систематизації використано комплекс методів геологічного та техніко-економічного вивчення мінеральної сировини.

Розглянуто різні класифікаційні системи, що використовуються для оцінки та управління КМС. Наведено практичний досвід застосування рамкової класифікації Організації Об'єднаних Націй (РКООН) під час оцінки ресурсного потенціалу видів критичної мінеральної сировини в Україні (без вуглеводнів та підземних вод) в переліку Європейського Союзу. Враховуючи поточний стан мінерально-сировинної бази України, авторами запропоновано методичні інструменти приведення Державного балансу до інтегрованого системного обліку згідно з РКООН.

Аналіз Державного балансу України з використанням підходів РКООН виявив головні перспективи розвитку мінерально-сировинної бази, що пов'язані з потенційними та перспективними проєктами по 22 елементах зі списку критичної мінеральної сировини ЄС. Україна має всі передумови стати учасником програм Європейського Союзу, що покликані створити стійкі моделі ланцюгів постачання різноманітних ресурсів для переходу на споживання замкнутого циклу з нульовими відходами.

Ключові слова: критична мінеральна сировина, управління мінеральними ресурсами, категорії, ознаки класифікацій, рамкова класифікація Організації Об'єднаних Націй (РКООН), система управління ресурсами Організації Об'єднаних Націй (СУРООН).

Вступ

У більшості розвинених країн світу застосовуються принципи сталого економічного розвитку. Доступ до мінеральної сировини має вирішальне значення для надійного функціонування економіки. Упродовж останніх років з'являється все більше аналітичної інформації щодо "найбільш важливої" мінеральної сировини, якій надають різні "об'єднувальні" назви (критична сировина, мінерали майбутнього, мінерали зелених технологій, стратегічна корисна копалина і т. ін.). Країни з розвинутими економіками дещо по-різному формують перелік критичної мінеральної сировини, але по всьому світу головним її "споживачем" є екологічно чисті енергетичні технології (атомна, сонячна, вітрова та водна енергетика) та зростання виробництва електричних транспортних засобів.

Згідно з даними американського Інституту геологічних наук (The American Geosciences Institute), "критичні корисні копалини" (critical minerals) – це важливі для економіки корисні копалини, постачання яких може бути порушено (Critical Materials..., 2023). Спеціалісти Європейського Союзу критичної сировини (Critical Raw Materials Alliance) визначають "критичну сировину" (critical raw materials) як економічно й стратегічно важливу для європейської економіки сировину з високими постачальними ризиками. Відповідно до визначення провідної наукової геологічної організації при уряді Австралії (Geoscience Australia) критично важливими корисними копалинами є метали і неметали, які вважають життєво важливими для економічного добробуту великих і розвинутих економік світу, але з постачанням яких можуть виникати проблеми через геологічний дефіцит, геополітичні проблеми, торгівлю політикою або

інші чинники (Critical Minerals..., 2023). Головними характерними ознаками критичної мінеральної сировини (корисної копалини) є її важливість для економіки й ризики дефіциту. Різновиди мінеральної сировини, які мають важливі напрямки використання й стикаються з потенційними перебоями в постачанні, мають вирішальне значення для економічної й національної безпеки країни або регіону (Schulz et al., 2017).

Враховуючи динаміку використання КМС, а також постійного розширення її переліку, актуальним є розробка єдиних (універсальних) методичних підходів визначення параметрів "критичності" і оцінки ресурсного потенціалу країни або регіону.

Україна є державою з потужною мінерально-сировинною базою (Мінеральні ресурси..., 2021), багатства надр якої зумовлені особливостями геологічної будови її території. Україна є одним із провідних світових виробників деяких видів корисних копалин, у тому числі такої важливої сировини, як марганець, титан і графіт. Застосування в Україні РКООН та СУРООН у сталому управлінні ресурсами (оцінка, облік, використання), включаючи критичну сировину, відіграє важливу соціальну та екологічну роль у покращенні розвитку циркулярної та ресурсоефективної економіки.

За прогнозами Всесвітнього банку (Grohol, & Veeh, 2023), для задоволення дедалі більшого попиту на чисті енергетичні технології, потреба у таких елементах, як графіт, літій і кобальт, зростає у кілька разів. Перелік критичних корисних копалин, потрібних для переходу на "зелену" енергетику, охоплює алюміній, хром, кобальт, мідь, графіт, індій, залізо, свинець, літій, манган,

© Станіслав Литвинюк, Наталія Баряцька, 2024

молібден, неодим, нікель, срібло, титан, ванадій і цинк. Більшість із них належить до критичної мінеральної сировини в розвинених країнах. Ці метали вважаються життєво важливими для найбільших економік світу, але водночас їхня пропозиція на ринку – це постійний об'єкт для низки ризиків, пов'язаних, наприклад, з дефіцитом геологічних ресурсів, геополітичними проблемами, торговою політикою чи іншими зовнішніми чинниками.

Україна була й залишається видобувною державою і потенційно може стати серйозним гравцем на ринку сировинних ресурсів. Мінерально-сировинний комплекс України є міцним фундаментом економіки держави і важливим потенціалом для її процвітання, що забезпечує вагому частку валового національного продукту.

У нормативному полі України, що регулює сферу вивчення та управління мінерально-сировинним комплексом, поняття або термін "критична мінеральна сировина" відсутній. Нормативно-методичні документи регулюють визначення таких понять, як корисні копалини місцевого та загальнодержавного значення, іншими документами зазначено поняття корисних копалин стратегічного значення. Враховуючи інтеграційні процеси в європейську модель розвитку, актуальним для України є формування методики визначення поняття та оцінки КМС, що має важливе стратегічне значення для економіки країни та її сталого розвитку.

Огляд останніх досліджень і публікацій та формулювання цілей статті. Поняття КМС, методики визначення критичності, актуальні переліки та стратегії щодо КМС різних країн та регіонів обговорюються у роботах (Australia's..., 2023; Canada and U.S..., 2020; Carrara et al., 2023; Hund et al., 2020; Isetani et al., 2022; Nakano, 2021; Report..., 2014).

Характеристики різних класифікаційних систем та їхні підходи до геологічного вивчення та оцінки родовищ корисних копалин відображені в монографіях і роботах (Балега, Вижва, & Курило, 2018; Рудько та ін., 2012; UNFC..., 2019; International Reporting..., 2019; Класифікація..., 1997).

Питання гармонізації основних класифікаційних систем світу відображені в так званих мостових документах Європейської економічної комісії (ЄЕК) ООН (Bridging..., 2015; ECE/ENERGY/GE.3/2021/10; ECE/ENERGY/GE.3/2022/6).

Стратегічна та критична мінеральна сировина України та її загальне значення для економічної безпеки та сталого розвитку обговорюються у наукових публікаціях (Баряцька, 2020; Рудько, & Бала, 2021; Рудько та ін., 2021; Вижва, Курило, & Балега, 2018).

Законодавчі особливості у сфері надрокористування відображені у чинних нормативно-правових актах (Положення..., 1994; Кодекс..., 1994).

Незважаючи на досить широке висвітлення стану мінерально-сировинної бази України, а також деякі аспекти застосування міжнародних класифікацій оцінки корисних копалин, практично не висвітленим залишається стан та кількість КМС в Україні, а також шляхи впровадження передових світових практик оцінки та управління КМС.

Виходячи з передумов, необхідних для сталого розвитку та створення ефективної системи управління ресурсами (первинними та вторинними), у роботі викладено методичні підходи до визначення та оцінки КМС, а також міжнародні класифікаційні системи для оцінки ресурсного потенціалу та управління КМС.

Результати

Поняття та методики визначення КМС. Стратегія сталого розвитку суспільства передбачає належне забезпечення суспільства мінеральною сировиною, тому уніфікована оцінка та системний облік має важливе значення. Базові поняття та переліки КМС змінювалися у часі та були пов'язані з істотними змінами геополітичних та технологічних обставин (світові війни, індустріалізація, технологічні "революції" тощо).

Країни "Групи семи" та Європейський Союз в останні роки розгорнули широкі програми щодо стратегій визначення, формування переліку та управління КМС (Methodology..., 2017).

Серед підходів визначення поняття КМС слід виділити роботи, виконані в рамках проєктів ЄС (Генеральний директорат з питань внутрішнього ринку, промисловості, підприємництва та малого та середнього бізнесу).

У 2017 р. було розроблено директивний документ, який містить керівні принципи визначення та методики оцінки КМС для ЄС (Methodology..., 2017). Відповідно до цього методичного документу у 2023 р. розроблено та опубліковано фінальний звіт з дослідження КМС для ЄС (Grohol, & Veeh, 2023). Згідно з цими дослідженнями, методика визначення та оцінки КМС (рис. 1) базується на двох загальних групах параметрів: економічне значення (economic importance – EI) та ризик постачання (supply risk – SR).

Для розрахунків економічного значення у формулі враховується:

- частка кінцевого використання сировини в секторі економіки (**As**);

- додана вартість зазначеного сектору економіки (**Qs**);

- індекс заміщення сировини (**SI_{EI}**).

Параметри ризиків постачання базуються на концентрації первинних поставок із країн-виробників КМС, враховуючи ефективність їх управління та торговельні аспекти, та включають:

- глобальне постачання, група країн світових постачальників (**GS**);

- фактичне джерело поставок до ЄС, тобто внутрішнє виробництво ЄС плюс інші країни-імпортери до ЄС (EU sourcing);

- індекси **HHI** та **WGI**, що визначають параметри концентрації КМС та їх систему управління;

- імпортна залежність (**IR**);

- здатність до переробки наприкінці життєвого циклу (**EOL_{RIR}**);

- індекс заміщення, пов'язаний з ризиком пропозиції (**SI_{SR}**).

Перелік КМС встановлюється на основі оціненої сировини, яка досягає або перевищує порогові значення для обох параметрів, визначених Європейською Комісією. Розрахунки базуються на середніх даних за останні п'ять років. Для різних параметрів враховується пріоритет, якість і доступність даних.

Отже, параметри (індикатори) критичності можуть бути різними: ризик дефіциту (supply risk) та економічне значення (economic importance), або ризик пропозиції (концентрація виробництва), зростання виробництва (зміна розмірів ринку й геологічних ресурсів) і динаміка ринку (зміна ціни). Іноді додатково застосовують різні підходи для об'єктивнішого порівняння мінеральної сировини з різними за обсягами ринками. У такому разі загальну економічну значущість обчислюють за відношенням валової доданої вартості до ВВП країни або регіону.

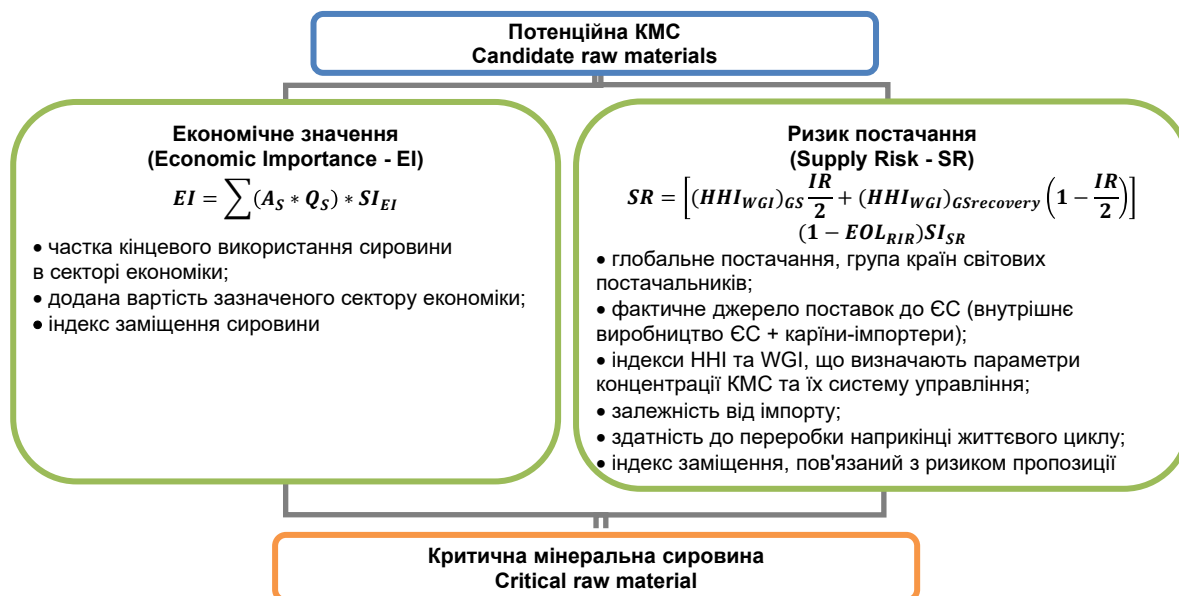


Рис. 1. Методологічна схема визначення КМС за даними (Methodology..., 2017)

Автори проаналізували значну кількість параметрів "критичності" мінеральної сировини, використовуючи різні праці європейських та українських фахівців. За результатами досліджень встановлено, що більшість параметрів, які визначають перелік критичної сировини, є двохкоординатна система понять: економічна важливість та логістичні параметри постачання.

На думку авторів, такий підхід не відображає комплексності цього питання і не може повною мірою бути застосований під час визначення переліку критичної мінеральної сировини на різних рівнях державних і фінансових інститутів.

Параметри визначення та система управління критичною мінеральною сировиною – це реалізація складного комплексу юридично-правових, геолого-економічних і соціально-політичних чинників, що врегульовують геологічне вивчення та використання мінеральної бази країни, регіону та світу. Враховуючи методичні засади РКООН та СУРООН, перелік критичної мінеральної сировини слід визначати за такими параметрами:

соціально-економічні чинники (вісь E):

- зростання об'єму виробництва;
- розширення спектра видів виробництва;
- об'єми постачання;
- концентрація виробництва;
- вплив військово-політичних конфліктів;
- інші чинники (динаміка ринку, економічне значення, екологія тощо).

технологічні чинники (вісь F):

- розвиток технологій видобутку, збагачення та виробництва;

- зміна матеріальної складової технологічного процесу;
- "екологічність" технологій.

геолого-промислові чинники (вісь G):

- наявність ресурсної бази;
- ступінь вивченості та промислового освоєння;
- наявність гірничодобувної інфраструктури та логістики.

Критична мінеральна сировина. Переліки критичних корисних копалин (різновидів мінеральної сировини) є частиною політики щодо розвитку мінерально-сировинної бази країн і регіонів. Як можна бачити з табл. 1, складеної на основі даних ЄС про переліки КМС, понад

10 років зберігається стійка тенденція до розширення переліку КМС Європейського Союзу, який за цей час збільшився з 16 до 34. Ряд корисних копалин, таких як берилій, вольфрам, графіт, германій, РЗЕ та ін., усі ці роки зберігають своє критичне значення для економіки ЄС. Інші, наприклад, літій, марганець, алюміній, титан, додавалися поступово. Деякі, такі як хром, каучук, індій, лише на деякий період набували критичного значення. Загалом переліки КМС є досить показовими з погляду розвитку (або стимулювання) певних напрямків економіки та промисловості для даного регіону.

Як можна бачити з діаграми (рис. 2), переліки КМС США, ЄС і України мають досить багато спільних видів сировини. У той же час український перелік досить суттєво відрізняється і має 8 власних. Нині наші стратегічні корисні копалини більш подібні до переліку КМС США, ніж ЄС, що є досить нелогічним. Це може бути пов'язано не лише з різним розвитком економіки та промисловості, але й з методиками визначення критичності (стратегічності).

Методичні підходи оцінки ресурсного потенціалу та управління КМС. У регіоні ЄЕК ООН і України, в різних юрисдикціях державного та "корпоративного" рівня діє кілька класифікаційних систем оцінки запасів і ресурсів мінеральної сировини та інших ресурсів (антропогенні, відновлювальні енергетичні та ін.). Серед класифікаційних систем мінеральної сировини, що застосовуються, слід виділити:

1. Рамкова класифікація ресурсів Організації Об'єднаних Націй (РКООН) – універсальна система глобального рівня, в якій запаси класифікують на основі трьох фундаментальних критеріїв: (1) економічної і соціальної життєздатності проєкту; (2) статусу й обґрунтованості проєкту освоєння родовища; (3) геологічної вивченості з використанням цифрової системи кодів.

2. Шаблон міжнародної звітності Комітету з міжнародних стандартів звітності по запасах (CRIRSCO). Шаблон подання звітності про результати геологорозвідувальних робіт, мінеральні ресурси і запаси твердих корисних копалин інтегрує мінімально необхідні стандартні вимоги, прийняті в національних стандартах звітності окремих країн світу, з рекомендаціями і вказівками. Ресурси і запаси класифікуються на достовірності оцінки кількості, вмісту (якості), форми, щільності та інших фізичних

характеристиках. Головними принципами дії і застосування Шаблону є прозорість, матеріальність (істотність) і компетентність (transparency, materiality and competence).

3. Система класифікації запасів і ресурсів корисних копалин ЄСРП (на основі Класифікації ЄСРП 1981 р.) – використовується багатьма країнами пострадянського простору та Східної Європи. Основою класифікації запасів і ресурсів є здебільшого ступінь геологічної розвіданості.

4. З прийняттям у 1997 р. нової Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр, що розроблена відповідно до РКООН, в Україні впроваджені єдині для державного фонду надр України принципи підрахунку, геолого-економічної оцінки, державного обліку та звітності про використання запасів і ресурсів корисних копалин згідно з рівнем їх соціально-економічного значення (вісь Е), ступенем техніко-економічної вивченості і підготовленості покладів корисних копалин до подальшого використання (вісь F), а також ступенем геологічної

вивченості і достовірності (вісь G), відповідно до категорій РКООН запасів і ресурсів викопних енергетичних і мінеральних корисних копалин (рис. 3).

В Україні ведеться системний облік запасів та ресурсів усіх видів корисних копалин, який являє собою систему збору, обробки та зберігання даних про результати геологорозвідувальних та гірничодобувних робіт (Державний баланс..., 2021). Система обліку об'єктів державного фонду надр включає інформацію Державного кадастру родовищ і проявів корисних копалин та Державного балансу запасів корисних копалин (табл. 2), а також державну звітність та звітність підприємств, установ, організацій та громадян, які використовують надра або здійснюють проектування, будівництво, реконструкцію, експлуатацію, ліквідацію чи консервацію гірничодобувних об'єктів, у т. ч. у межах континентального шельфу і виключної (морської) економічної зони.

Таблиця 1

Тенденції з переліків критичних корисних копалин ЄС з 2011 до 2023 року

№	Критична мінеральна сировина	2011	2014	2017	2020	2023
1	Алюміній (бокситові руди)					
2	Барит					
3	Берилій					
4	Борати					
5	Ванадій					
6	Вісмут					
7	Вольфрам					
8	Гафній					
9	Галій					
10	Гелій					
11	Германій					
12	Графіт					
13	Індій					
14	Кобальт					
15	Коксівне вугілля					
16	Кремній металевий					
17	Літій					
18	Магній					
19	Магnezит					
20	Марганець					
21	Метали платинової групи					
22	Миш'як					
23	Мідь					
24	Натуральний каучук					
25	Нікель					
26	Ніобій					
27	Плавиковий шпат (флюорит)					
28	Польовий шпат					
29	РЗЕ (важкі)					
30	РЗЕ (легкі)					
31	Скандій					
32	Стибій (Сурма)					
33	Стронцій					
34	Тантал					
35	Титан					
36	Фосфор					
37	Фосфоритові руди					
38	Хром					

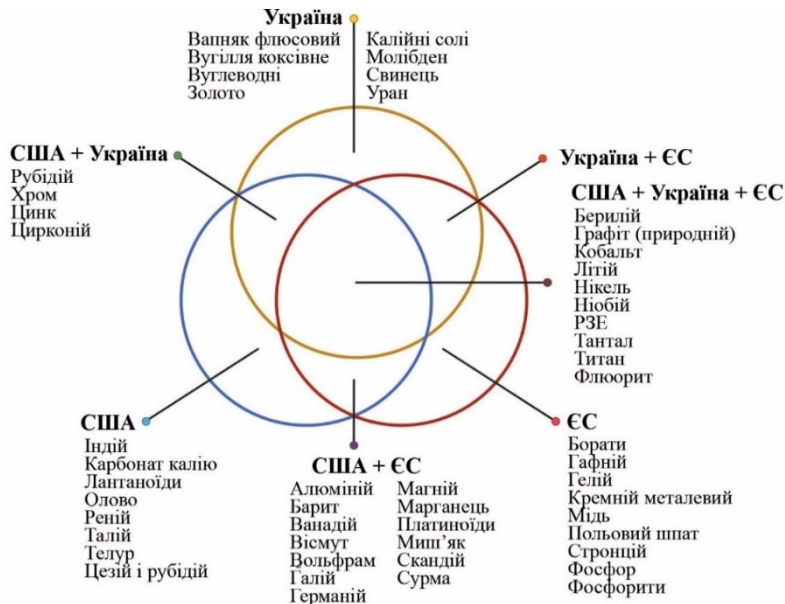


Рис. 2. Порівняльна діаграма переліків критичних корисних копалин США, ЄС та стратегічних корисних копалин України



Рис. 3. Застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр

Таблиця 2

Аналіз облікованих об'єктів державного фонду надр (станом на 01.01.2022)

Корисна копалина	У промисловій розробці	Кількість родовищ всього (ділянок надр)	Кількість ділянок родовищ, оцінених відповідно до Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр (РКООН)	Кількість ділянок родовищ, оцінених відповідно до Класифікації СРСР 1960, 1981 рр.
Газ природний	285	467	467	—
Нафта	145	216	216	—
Металічні (рудні)	60	157	64	93
Води (мінеральні, питні, технічні)	913	1873	717	1156
Вугілля	337	1039	512	527
Торф	40	682	55	627
Неметалічні (будівельні, гірничохімічні, гірничотехнічні)	1149	4738	1940	2798
Каміння коштовне та колекційне	9	19	19	—
Разом	2929	9191	3971	5201

Основним завданням обліку запасів корисних копалин є отримання повних і достовірних даних про поточний стан мінерально-сировинної бази підприємства, галузі і країни в цілому, ступеня розвіданості і підготовленості родовища для промислової розробки, забезпеченості гірничодобувних підприємств розвіданими запасами.

Поточний аналіз облікованих об'єктів державного фонду надр проведений відповідно до чинної нормативно-правової бази у сфері надрокористування та методики оцінки РКООН.

Головними критеріями характеристики облікованих ділянок надр є рівень достовірності геологічного вивчення, рівень технологічного та техніко-економічного вивчення, соціального та промислового значення (рис. 3).

Геологічне вивчення (Вісь G) корисних копалин, відповідно до Класифікації, має за мету визначення з висхідною детальністю речовинного складу, кількісних і якісних характеристик, технологічних властивостей корисних копалин, геологічної будови, гідрогеологічних, гірничо-геологічних та інших умов залягання їх покладів для обґрунтування проектних рішень щодо способу і системи видобутку та схеми комплексної переробки мінеральної сировини.

За ступенем геологічного вивчення і достовірності нагромадження виділяють – розвідані (доведені) і попередньо розвідані (ймовірні) запаси, перспективні і прогнозні ресурси.

Техніко-економічне вивчення (Вісь F) корисних копалин передбачає визначення гірничотехнічних, географо-економічних, технологічних та інших умов розробки родовищ корисних копалин і переробки мінеральної сировини, а також умов реалізації товарної продукції гірничого виробництва з метою геолого-економічної

оцінки промислового значення виявленого накопичення корисних копалин.

Соціальне, економічне та промислове значення (Вісь E) запасів та ресурсів корисних копалин визначається на підставі комплексних даних (економічних, соціально-екологічних та ін.) і поділяється на групи: балансові, умовно балансові та позабалансові, з невизначеним промисловим значенням.

Так, за ступенем вивченості балансові запаси можуть належати до класів під кодами 111, 121 і 122 (підтверджена екологічна та соціально-економічна здатність проекту). Умовно балансові запаси входять до класу під кодом 211 (за реалістичними прогнозами або у разі змін природоохоронного законодавства проект може бути життєздатним). Позабалансові запаси належать до класів 221 та 222 (у разі змін ціни та попиту проект може бути життєздатним). Детально та попередньо розвідані запаси корисних копалин, балансова належність яких не визначена, об'єднані класами 331 та 332 (проект перебуває на ранніх стадіях дослідження). Перспективні та прогнозні ресурси становлять класи 333 та 334 відповідно. Крім того, серед запасів з невизначеним промисловим значенням виділяються залишкові (додаткові) у надрах запаси, що не видобуваються, об'єднані класами 341, 342, 343 та 344.

Проаналізувавши дані Державного балансу запасів корисних копалин і наявних проявів в Україні (рис. 4) із застосуванням вищевикладеної методики та порівнявши їх із наведеними в таблиці критичними для ЄС позиціями, встановлюється певний ресурсний потенціал України, що дає змогу налагодити видобуток і стати важливим постачальником переважної більшості зазначених елементів.

Мінерал / Метал	Родовища (обліковані / ліцензовані об'єкти)	Код РКООН
Алюміній	3 / 0	331, 332
Барит	1 / 0	331, 332
Берилій	3 / 1	111, 122, 211, 222, 333, 334
Ванадій	8 / 7 (комплексні)	111, 122, 221, 331, 332
Гафній	2 / 2 (комплексні)	111, 221, 331
Германій	220 / 74 (без видобування)	331, 332
Графіт	6 / 2	111, 121, 222, 331, 332
Кобальт та нікель	12 / 3	122, 331, 332, 333
Коксівне вугілля	28 / 26	111, 122
Кремній металічний	6 / 6	111, 222, 332
Літій	4 / 1	122, 222, 332
Магній	2 / 0	331, 332
Марганець	5 / 3	111, 121, 122, 221, 331, 332
Мідь	5 / 3	122, 332, 333
РЗЕ	3 / 2 (комплексні)	122, 331, 332
Скандій	12 / 3 (комплексні)	222, 332, 333
Стронцій	1 / 0 (комплексні)	331, 332
Тантал та ніобій	4 / 3 (комплексні)	111, 122, 331, 332
Титан	20 / 10	111, 121, 122, 221, 331, 332
Флюорит	3 / 0	121, 331, 332, 333
Фосфоритові руди	3 / 1	111, 122, 331, 332
Циркон	8 / 7 (комплексні)	111, 122, 221, 222, 331, 332

Рис. 4. Ресурсний потенціал України в постачанні критичної мінеральної сировини для ЄС

З метою об'єктивної оцінки ресурсного потенціалу КМС слід додати деякі роз'яснення щодо підходів формування викладеного переліку.

1. До переліку увійшли ділянки надр, що обліковані у встановленому порядку законодавством України у Державному балансі запасів корисних копалин України.

2. Значна кількість корисних елементів зосереджена у комплексних родовищах (тантал і ніобій, нікель і кобальт, титан, ванадій і т. ін.). У такому разі об'єкти повторювались, а кількість ресурсів зазначалась окремо за елементами.

3. Ресурсний потенціал кваліфікований відповідно до Національної класифікації запасів та ресурсів корисних копалин України (фактичний облік).

4. Відповідно до національного законодавства та у зв'язку з військовою агресією Росії проти України, частина даних та інформації закриті й мають обмежений доступ (берилій, літій, циркон, скандій, титан, тантал та ніобій).

5. Крім того, слід зазначити, що близько 5200 ділянок надр потребують переоцінки в поточних умовах згідно з принципами сучасних та чинних класифікаційних систем.

Детальний аналіз понад 140 об'єктів (ділянок надр, родовищ) дав змогу надати інформацію щодо 22 корисних елементів. Із врахуванням методичних підходів РКООН перелік КМС класифікований відповідно до класів, що відображають стадію геологічного вивчення та промислового освоєння.

Дискусія і висновки

Нормативно-правова політика України передбачає досягнення цілей сталого розвитку, забезпечення раціонального, комплексного використання ресурсних потреб суспільного виробництва, охорони надр, гарантування при користуванні надрами безпеки людей, майна та навколишнього природного середовища, а також охорони прав і законних інтересів підприємств, установ, організацій та громадян.

Базові принципи формування та управління ресурсами України відповідають РКООН та реалізуються з 1997 р. РКООН – універсальна класифікаційна система, в якій ресурси класифікують на основі трьох фундаментальних критеріїв: (1) екологічної і соціально-економічної життєздатності проекту (E); (2) статусу й обґрунтованості проекту освоєння родовища (F); (3) геологічної вивченості або рівня достовірності знань (G) з використанням цифрової системи кодів.

ЄЕК ООН, спираючись на РКООН, продовжує розвивати СУРООН, яка стане добровільно прийнятими глобальним стандартом фундаментальних принципів інтегрованого управління ресурсами, у тому числі КМС.

Фундаментальні принципи РКООН та СУРООН вже функціонують на національних і глобальних рівнях (міжнародні центри передового досвіду – "ICE"). Активно продовжуються програми Європейського Союзу покликані створити стійкі моделі ланцюгів постачання різноманітних ресурсів для переходу на споживання замкнутого циклу з нульовими відходами.

Методика визначення КМС, що застосовується на двох базових параметрах економічної важливості та ризику постачання, дозволяє для розвинутих економік будувати середньо та довгострокові стратегії управління ресурсами. В Україні під час визначення та оцінки КМС працює група параметрів економічної важливості. Перелік КМС поглинається поняттями стратегічної корисної копалини.

Необхідною умовою для забезпечення надійних міжрегіональних ланцюгів постачання КМС та залучення інвестицій у їх геологічну розвідку та видобування є інтегрування України до міжнародної системи управління ресурсами КМС. Для цього необхідно затвердити методичні підходи до визначення, оцінки ресурсів та управління КМС з урахуванням передових світових практик. Доцільно також проводити дослідження критичності мінеральної сировини на державному рівні та затверджувати відповідні переліки. Це може бути також механізмом стимулювання розвитку певних напрямів геологічного вивчення й видобування корисних копалин.

Аналіз Державного балансу України з використанням підходів РКООН виявив головні перспективи розвитку

мінерально-сировинної бази, що пов'язані з потенційними та перспективними проектами по 22 елементах зі списку критичної мінеральної сировини ЄС. Україна має всі передумови стати учасником програм Європейського Союзу, що покликані створити стійкі моделі ланцюгів постачання різноманітних ресурсів для переходу на споживання замкнутого циклу з нульовими відходами. Попри значний ресурсний потенціал України наша промисловість характеризується технологічною відсталістю і низькою інноваційною активністю суб'єктів господарювання, застарілою структурою обробної промисловості, посиленням технологічної залежності від інших країн. У таких умовах мінерально-сировинна база розглядається як джерело постачання КМС з низькою доданою вартістю.

Внесок авторів: Станіслав Литвинюк – концептуалізація, методологія, написання (перегляд і редагування); Наталія Баряцька – формальний аналіз, написання (перегляд і редагування).

Список використаних джерел

- Балега, А., Вижва, С., & Курило, М. (2018). Інституційне забезпечення геологічного вивчення та використання надр: національний вимір і міжнародний досвід. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*, 4(83), 63–72.
- Баряцька, Н. В. (2020). Поняття критичної мінеральної сировини – інструмент стимулювання розвитку надрокористування в Україні. *Мінеральні ресурси України*, 2, 13–18. <https://doi.org/10.31996/mru.2020.2.13-18>
- Вижва, С., Курило, М., & Балега, А. (2018). Основні інструменти державного планування і фінансового забезпечення геологічного вивчення надр в Україні. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*, 2(81), 56–62.
- Державний баланс запасів корисних копалин України на 01.01.2021. (2021). Державна служба геології та надр України, Державне науково-виробниче підприємство "Державний інформаційний геологічний фонд України".
- Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин Державного фонду надр. (1997). Постанова Кабінету Міністрів України № 432 від 05.05.97. *Офіційний вісник України*, 19, 104.
- Кодекс України "Про надра" від 27.07.1994 р. № 132/94. (1994). *Відомості Верховної Ради України*, 36, 340.
- Мінеральні ресурси України. (2021). Державне науково-виробниче підприємство "Державний інформаційний геологічний фонд України".
- Положення про порядок проведення державної експертизи та оцінки запасів корисних копалин. (1994). Постанова Кабінету Міністрів України від 22.12.1994 р. № 865. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/865-94-%D0%BF#Text>.
- Портфоліо критичної сировини України. (2023). Державна служба геології та надр України. <https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/presentations/ukr/critical-minerals-portfolio-ua.pdf>.
- Рудько, Г. І., & Бала, Г. Р. (2021). Критична мінеральна сировина та її перспективи в Україні. *Мінеральні ресурси України*, 2, 3–14. <https://doi.org/10.31996/mru.2021.2.3-14>
- Рудько, Г. І., Нецький, О. В., Назаренко, М. В., & Хоменко, С. А. (2012). Національні та міжнародні системи класифікації запасів і ресурсів корисних копалин: стан та перспективи гармонізації. Букрек.
- Рудько, Г. І., Литвинюк, С. Ф., Карли, В. Е., & Бала, Г. Р. (2021). Родовища критичної мінеральної сировини України. Стан і перспективи. Букрек.
- Australia's Critical Minerals List. (2023). Department of industry science energy and resources australia. <https://www.industry.gov.au/publications/australias-critical-minerals-list>
- Bridging Document between CRIRSCO and UNFC. (2015). UNECE. https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC_UNFC_specs/Revise_d_CRIRSCO_Template_UNFC_Bridging_Document.pdf
- Canada and U.S. Finalize Joint Action Plan on Critical Minerals Collaboration (2020). Natural Resources Canada. News release. Ottawa, Ontario. <https://www.canada.ca/en/natural-resources-canada/news/2020/01/canada-and-us-finalize-joint-action-plan-on-critical-minerals-collaboration.html>
- Carrara, S., Bobba, S., Blagoeva, D. et al. (2023) Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU – A foresight study. Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://doi.org/10.2760/386650>.
- Critical Materials Assessment 2023. (2023). U.S. Department of Energy. https://www.energy.gov/sites/default/files/2023-07/doe-critical-material-assessment_07312023.pdf
- Critical Minerals. Geoscience Australia. (2023). <https://www.ga.gov.au/about/projects/resources/critical-minerals>
- ECE/ENERGY/GE.3/2021/10: Draft United Nations Resource Management System: Provisional structure and guidelines. (2021). Geneva: Economic and Social Council of United Nations. https://unece.org/sites/default/files/2021-04/ECE_ENERGY_GE.3_2021_10_UNRMS.pdf
- ECE/ENERGY/GE.3/2022/6: Draft United Nations Resource Management System: Principles and Requirements. (2022). Geneva: Economic and Social Council of United Nations. https://unece.org/sites/default/files/2022-04/ECE_ENERGY_GE.3_2022_6.pdf

Grohol, M., & Veeh, C. (2023). Study on the Critical Raw Materials for the EU. *Final Report*. DG GROW, European Commission. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/54114/attachments/1/translations/en/renditions/native>

Hund, K., La Porta, D., Fabregas, T. P., Laing, T., & Drexhage, J. (2020). Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition. International Bank for Reconstruction and Development. The World Bank.

International Reporting Template for the Public Reporting of Exploration Targets, Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves. (2019). Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards. International Council on Mining & Metals. https://www.criirco.com/docs/CRIRSCO_International_Reporting_Template_November_2019.pdf

Isetani, S., Shimizu, S., DeWit, A., & Shaw, R. (2022). Indo-Japanese Collaboration on Energy Security and Critical Raw Materials (CRM) *The Asia-Pacific Journal*, 20, 18(5), 1–32. <https://apjif.org/2022/18/Isetani-Shimizu-DeWit-Shaw.html>

Methodology for Establishing the EU List of Critical raw Materials. Guidelines, (2017) European Commission. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/2d43b7e2-66ac-11e7-b2f2-01aa75ed71a1>

Nakano, J. (2021). *The geopolitics of critical minerals supply chains*. Washington, DC. Center for Strategic & International Studies. <https://www.jstor.org/stable/resrep30033.8>

Report on Critical Raw Materials for the EU. Report of the Ad hoc Working Group on defining critical raw materials. (2014). European Commission, <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/10010/attachments/1/translations/en/renditions/pdf>

Schulz, K. J., DeYoung, J. H., Seal, R. R., & Bradley, D. C. (Eds.). (2017). Critical mineral resources of the United States – Economic and environmental geology and prospects for future supply: U.S. Geological Survey Professional Paper 1802. https://pubs.usgs.gov/pp/1802/pp1802_entirebook.pdf

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

References

Australia's Critical Minerals List. (2023). Department of industry science and resources australia. <https://www.industry.gov.au/publications/australias-critical-minerals-list>

Balega, A., Vyzhva, S., & Kurylo, M. (2018). Institutional provision of geological study and use of subsoil: national and international exploration. *Vysnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 4(83), 63–72 [in Ukrainian].

Bariatska, N. (2020). The concept of critical minerals as a mean of stimulate the development of subsoil use in Ukraine. *Mineral resources of Ukraine*, 2, 13–19 [in Ukrainian].

Bridging Document between CRIRSCO and UNFC. (2015). UNECE. https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/UNFC_specs/Revised_CRIRSCO_Template_UNFC_Bridging_Document.pdf

Canada and U.S. Finalize Joint Action Plan on Critical Minerals Collaboration (2020). Natural Resources Canada. News release. Ottawa, Ontario. <https://www.canada.ca/en/natural-resources-canada/news/2020/01/canada-and-us-finalize-joint-action-plan-on-critical-minerals-collaboration.html>

Carrara, S., Bobba, S., Blagoeva, D. et al. (2023) Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU – A foresight study. Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://doi.org/10.2760/386650>

Classification of reserves and resources of minerals of the State Fund of Subsoil. (1997). Approved by the resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine № 432 of 05.05.97. *Official Gazette of Ukraine*, 19, 104.

Critical Materials Assessment 2023. (2023). U.S. Department of Energy. https://www.energy.gov/sites/default/files/2023-07/doe-critical-material-assessment_07312023.pdf

Critical Minerals. Geoscience Australia. (2023). <https://www.ga.gov.au/about/projects/resources/critical-minerals>

ECE/ENERGY/GE.3/2021/10: Draft United Nations Resource Management System: Provisional structure and guidelines. (2021). Geneva:

Economic and Social Council of United Nations. https://unece.org/sites/default/files/2021-04/ECE_ENERGY_GE.3_2021_10_UNRMS.pdf

ECE/ENERGY/GE.3/2022/6: Draft United Nations Resource Management System: Principles and Requirements. (2022). Geneva: Economic and Social Council of United Nations. https://unece.org/sites/default/files/2022-04/ECE_ENERGY_GE.3_2022_6.pdf

Grohol, M., & Veeh, C. (2023). Study on the Critical Raw Materials for the EU. *Final Report*. DG GROW, European Commission. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/54114/attachments/1/translations/en/renditions/native>

Hund, K., La Porta, D., Fabregas, T. P., Laing, T., & Drexhage, J. (2020). Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition. International Bank for Reconstruction and Development. The World Bank.

International Reporting Template for the Public Reporting of Exploration Targets, Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves. (2019). Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards. International Council on Mining & Metals. https://www.criirco.com/docs/CRIRSCO_International_Reporting_Template_November_2019.pdf

Isetani, S., Shimizu, S., DeWit, A., & Shaw, R. (2022). Indo-Japanese Collaboration on Energy Security and Critical Raw Materials (CRM) *The Asia-Pacific Journal*, 20, 18(5), 1–32. <https://apjif.org/2022/18/Isetani-Shimizu-DeWit-Shaw.html>

Methodology for Establishing the EU List of Critical raw Materials. Guidelines, (2017) European Commission. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/2d43b7e2-66ac-11e7-b2f2-01aa75ed71a1>

Mineral resources of Ukraine. (2021). Development Enterprise "Geological information fund of Ukraine" [in Ukrainian].

Nakano, J. (2021). *The geopolitics of critical minerals supply chains*. Washington, DC. Center for Strategic & International Studies. <https://www.jstor.org/stable/resrep30033.8>

Portfolio of critical raw materials of Ukraine. (2023). State Service of Geology and Subsoil of Ukraine [in Ukrainian]. <https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/presentations/ukr/critical-minerals-portfolio-ua.pdf>

Regulations on the procedure for conducting state examination and assessment of mineral reserves. (1994). Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 22.12.1994 No. 865 [in Ukrainian]. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/865-94-%D0%BF#Text>

Report on Critical Raw Materials for the EU. Report of the Ad hoc Working Group on defining critical raw materials. (2014). European Commission, <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/10010/attachments/1/translations/en/renditions/pdf>

Rudko, G. I., & Bala, G. R. (2021). Critical mineral raw materials and their prospects in Ukraine. *Mineral resources of Ukraine*, 2, 3–13 [in Ukrainian].

Rudko, G. I., Lytvyniuk, S. F., Karly, V. E., & Bala, H. R. (2021). Deposits of critical mineral raw materials of Ukraine. Conditional and prospects. Bukrek [in Ukrainian].

Rudko, G. I., Netskyi, O. V., Nazarenko, M. V., & Khomenko, S. A. (2012). National and international systems of Mineral Resources Classification: state and perspectives of alignment. "Bukrek" [in Ukrainian].

Schulz, K. J., DeYoung, J. H., Seal, R. R., & Bradley, D. C. (Eds.). (2017). Critical mineral resources of the United States – Economic and environmental geology and prospects for future supply: U.S. Geological Survey Professional Paper 1802. https://pubs.usgs.gov/pp/1802/pp1802_entirebook.pdf

State Balance of Mineral Reserves of Ukraine. (2021). State Service of Geology and Subsoil of Ukraine, State Research and Development Enterprise "Geological information fund of Ukraine" [in Ukrainian].

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

Vyzhva, S., Kurylo, M., & Balega, A. (2018). Main tools of state planning and financial support of geological studies in Ukraine. *Vysnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 4(83), 63–72 [in Ukrainian].

Отримано редакцією журналу / Received: 17.06.23

Прорецензовано / Revised: 31.08.23

Схвалено до друку / Accepted: 21.02.24

Stanislav LYTUVYNIUK, PhD (Geol.)

ORCID ID: 0000-0003-3763-2100

e-mail: lytvyniuksf@gmail.com

State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine

Natalia BARIATSKA, DSc (Geol.)

ORCID ID: 0000-0002-8068-2464

e-mail: BariatskaN@gmail.com;

Softmine LLC, Kyiv, Ukraine

METHODOLOGICAL APPROACHES FOR DETERMINATION AND ASSESSING THE RESOURCE POTENTIAL OF CRITICAL RAW MATERIALS IN UKRAINE

Industrial and technological interest in critical (strategic) mineral raw materials, given their natural scarcity, is of key importance in the global economy. A country's (or region's) supply of raw materials is a factor of economic security, autonomy and an insurance against global crises. Global and regional analytical researches on the mineral resource assessment in the context of circular and resource efficient (low-carbon) economy development have revealed a number of problematic issues related to different methodological approaches to the assessment, classification, accounting and management of critical mineral raw materials (CRM). The standardization of such approaches for economically related regions is the way to create reliable critical mineral raw material supply chains and ensure sustainable economic development.

In order to complete the outlined tasks, a wide range of studies has been used, including general scientific and special methods of scientific and applied research. In addition to general theoretical methods of analysis, statistics and systematization, a complex of methods of geological and technical-economic study of mineral raw materials has been used to achieve the set goal and complete specified tasks.

Authors have attempted to define the concept of critical mineral raw materials by using basic criteria and methodical approaches of the United Nations Framework Classification (UNFC).

Various classification systems used for the assessment and management of critical mineral raw materials have been considered. Practical experience of the UNFC application during the assessment of CRM resource potential in Ukraine (excluding hydrocarbons and groundwater) based on the list of the European Union has been presented. Considering the current state of the mineral raw material resource base of Ukraine, authors have suggested methodological tools for bringing the State Balance into compliance with the integrated systematic accounting in accordance with the UNFC.

The analysis of the State Balance of Ukraine using the UNFC approaches has revealed primary prospects for the mineral and raw material base development, which are related to potential and perspective projects on 22 elements from the EU list of critical mineral raw materials. Ukraine possesses all the prerequisites to participate in European Union programs designed to create sustainable models of supply chains for various resources for the transition to closed-cycle zero waste consumption.

Keywords: *critical raw materials, mineral resource management, categories, classification principles, United Nations Framework Classification (UNFC), United Nations Resource Management System (UNRMS).*

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів. Спонсори не брали участі в розробленні дослідження; у зборі, аналізі чи інтерпретації даних; у написанні рукопису; в рішенні про публікацію результатів.

The authors declare no conflicts of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses or interpretation of data; in the writing of the manuscript; in the decision to publish the results.