

## SECTION 6. GEOLOGY

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-541-9-19>

### **RARE METAL AND CRITICAL RAW MATERIALS: GEOCHEMICAL, ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL ASPECTS**

#### **РІДКІСНОМЕТАЛЕВА І КРИТИЧНА СИРОВИНА: ГЕОХІМІЧНІ, ЕКОНОМІЧНІ Й ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ**

**Kulchytska H. O.**

*Doctor of Geological Sciences, Senior  
Research Fellow,  
Chief Research Fellow  
M. P. Semenenko Institute  
of Geochemistry, Mineralogy and Ore  
Formation of the National Academy  
of Sciences of Ukraine  
Kyiv, Ukraine*

**Кульчицька Г. О.**

*доктор геологічних наук, старший  
науковий співробітник,  
головний науковий співробітник  
Інститут геохімії, мінералогії та  
рудоутворення імені М. П. Семененка  
Національної академії наук України  
м. Київ, Україна*

**Chernysh D. S.**

*Candidate of Geological Sciences, Head  
of the Department  
M. P. Semenenko Institute  
of Geochemistry, Mineralogy and Ore  
Formation of the National Academy of  
Sciences of Ukraine  
Kyiv, Ukraine*

**Черниш Д. С.**

*кандидат геологічних наук,  
завідувач відділу  
Інститут геохімії, мінералогії та  
рудоутворення імені М. П. Семененка  
Національної академії наук України  
м. Київ, Україна*

**Sietaia L. D.**

*Senior Researcher  
M. P. Semenenko Institute  
of Geochemistry, Mineralogy and Ore  
Formation of the National Academy  
of Sciences of Ukraine  
Kyiv, Ukraine*

**Сетая Л. Д.**

*старший науковий співробітник  
Інститут геохімії, мінералогії та  
рудоутворення імені М. П. Семененка  
Національної академії наук України  
м. Київ, Україна*

**Геохімічні критерії рідкіснометалевої сировини.** Ізольованість радянської науки від зовнішнього світу в умовах холодної війни призвела до створення своїх понять, що не мали точних аналогів у зарубіжжі. Внаслідок стрімкого науково-технічного розвитку в середині XX ст. в СРСР виник дефіцит необхідної сировини для

електроніки. Здебільшого це була потреба в хімічних елементах, не дуже поширених у земній корі, через що вони отримали назву рідкісних. Так появилися терміни «геохімія» і «мінералогія рідкісних елементів» [2]. На перших порах до рідкісних відносили досить велике число елементів – майже всі стабільні елементи періодичної таблиці за винятком 15–20 петрогенних. Головним критерієм рідкісності слугував кларк елемента — його вміст у земній корі (0,001–0,015 %), хоча були й винятки, що робило такий термін дещо умовним.

Це був суто геохімічний критерій без будь-якого зв'язку з економічними чи промисловими потребами. Та й інакше не могло бути, адже руди цих елементів одразу потрапляли до засекречених. Це стосувалося не лише запасів. Публікації про знахідки мінералів рідкісних елементів обов'язково супроводжували уточненням – знахідка акцесорного мінералу, що мало свідчити про незначний його вміст (< 5 %) у породі. Якщо мова йшла про характеристику мінералів уже відомих рудопроявів, то їхнє місцезнаходження зазначали досить розпливчато, на кшталт, «у тектонічній зоні розломів у середній частині Українського щита».

З часом перелік рідкісних елементів зазнав змін [3]. До критеріїв рідкісності додали вимогу відсутності власних мінералів (розсіяні елементи) або їх незначне число, нездатність утворювати великі родовища, труднощі з вилученням елементів з руди. На тлі відкриття нових родовищ і ці критерії не витримували критики, окрім останнього, який по суті вже був економічним. Однак інформація про галузі, що потребували рідкіснометалеву сировину, так само як про її обсяги, надалі залишалася закритою. Та економічний чинник негласно впливав на зміни в переліку рідкісних елементів. З нього вилучили Hg, W, Sn, Mo, хоча за кларками це дуже рідкісні елементи, особливо Hg. Очевидно на той час не було дефіциту руди цих елементів, що й призвело до їх вилучення з переліку. В Україні рудою Hg вже 100 років забезпечували родовища Микитівського рудного поля. Також з рідкісних в окремі групи вивели благородні метали (Ag, Au і елементи платинової групи) та радіоактивні елементи (U, Th, Ra). Врешті-решт перелік скоротили до 18 елементів [5], бо лантаніди разом з ітрієм також виділили окремо як групу рідкісноземельних елементів. Іноді до них долучають хімічно близький Sc, хоча у нього інша геохімічна поведінка.

**Економічні й політичні критерії критичної сировини.** Нинішнє переорієнтування української економіки на захід призвело до запозичення інших термінів для означення рідкіснометалевої сировини – вона стала частиною критичної (*Critical Minerals*, *Critical Raw Materials* – *CRMs*) і стратегічної (*Strategic Raw Materials* – *SRMs*). Поняття *CRMs*

і *SRMs* набагато ширші за поняття «мінерали рідкісних елементів» і навіть за поняття «мінеральна сировина», оскільки включає в себе і деревину (*natural cork*), і продукцію металургійної та хімічних галузей промисловості (Ti-метал, Si-метал, природний каучук). Та все-таки головну частку *CRMs* і *SRMs* складають руди рідкісних елементів – Cd, Ga, Ge, Hf, In, Li, Sc, Sr, Zr тощо, а також низки інших, яких до рідкісних не відносили – Cu, Co, Cr, Zn, Pb. Більше того, у переліку *CRMs* для Європейського Союзу [6], окрім металевої, бачимо суто мінеральну сировину – апатит, флюорит, графіт, барит, польовий шпат тощо. Перелік видів критичної сировини періодично оновлюють, оскільки головним критерієм її визначення є ризики припинення постачання для промисловості. Одні види *CRMs* вилучають з переліку, інші додають, та на загал з року в рік цей перелік лише розширюється.

Ризики постачання, окрім стану розвіданих чи вичерпаних запасів, можуть бути спричинені монопольним володінням запасами, а також політичними ситуаціями в країнах, де розташовані родовища *CRMs*. Країни або фірми-монополісти мають змогу створювати штучний дефіцит *CRMs* через заборону постачання або через вплив на уряди країн-експортерів.

**Екологічні проблеми.** Нема потреби детально пояснювати, чому для охорони довкілля економічний підхід до визначення рідкісної дефіцитної сировини кращий за геохімічний. Рідкісні елементи за визначенням не можуть утворювати великих скупчень, їхні мінерали зазвичай розсіяні в рудах інших металів або в нерудній породі. Погоня за рудою одного типу металу неминуче тягне за собою великий обсяг відвалів, втручання в екологічну рівновагу в довкіллі. У колишньому Радянському Союзі не брали до уваги вартість землі і затрати на її рекультивацію, не дуже рахувалися з рентабельністю добування. Наочним прикладом слугують кар'єри з добування залізної руди на Криворіжжі чи добуток діамантів в Якутії, що перетворилися на гігантські рани в земній корі. Економічний підхід змушує прорахувати орендну плату за землю, вартість рекультивації сільськогосподарських угідь, інші екологічні ризики, та, найголовніше, забирати з відкритих надр максимум мінеральної сировини, розподіляючи її між різними галузями промисловості.

**У надрах України** нині відомо чимало родовищ з рудами різних рідкісних металів та ще більше рудопроявів, запаси в яких не підраховано [4]. Руди розміщені в кристалічних породах і зазвичай перекриті осадовими відкладами товщиною 30 м і більше. Це комплексні родовища, назва яких говорить сама за себе: Азовське цирконій-ітрій-рідкісноземельне, Мазурівське цирконій-ніобій нефелінове, Новополтавське фосфор-рідкіснометалеve комплексне, Яструбецький

рудопрояр цирконію, який ще називають флюорит-рідкісноземельно-цирконієвим родовищем. Щоб експлуатація цих родовищ стала рентабельною, недостатньо вилучення лише зазначених у їхній назві компонентів. Для прикладу, рентабельність Новопоплавського родовища зростає, коли окрім рідкісних металів і апатиту вилучатимуть також слюду і карбонати, в разі експлуатації Азовського родовища, окрім *REE* і Zr, розглядається можливість вилучення U, польового шпату і навіть піску покривних порід [1]. Згідно з даними [6], в 2016–2020 рр. суттєва частка імпорту рідкісних елементів з України до ЄС належала лише Hf (16 %), головню як побічному продукту переробки титанових руд. Гафній майже не утворює в природі власних мінералів, відомо лише про вкрай рідкісний мінерал гафнон. Зате він належить до стабільних супутників Zr в цирконі. Вміст Hf в останньому може сягати понад 4 %. Циркон належить до головних рудних компонентів усіх зазначених вище родовищ та ще багатьох інших. Окрім Hf він може слугувати джерелом U і Th (метамікні відміни), а також *REE* та Y. Магматичний циркон селективно вбирає важкі лантаніди (*HREE*), що робить його природним концентратором цього виду критичної сировини. Українські родовища з цирконом мають усі підстави, щоб бути привабливими для інвесторів.

### Література:

1. Азовское редкоземельное месторождение Приазовского блока Украинского щита (геология, минералогия, геохимия, генезис, проблемы эксплуатации) / под ред. А. Пономаренко, А. Анциферова. Донецк : Ноулидж, 2012. 374 с.
2. Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов : в 3 т. Гл. ред. К. А. Власов. Москва : Наука, 1964. Т. 1. Геохимия редких элементов. 687 с.; Т. 2. Минералогия редких элементов. 830 с. ; Т. 3. Генетические типы месторождений редких элементов. 860 с.
3. Кульчицька Г. О., Черниш Д. С. База даних мінералів рідкісних елементів України. *Мінералогічний журнал*, 2023. Т. 45. № 2. С. 49–61. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.45.02.050>
4. Металічні і неметалічні корисні копалини України. Київ – Львів : Вид-во «Центр Європи», 2006. Т. 1. Металічні корисні копалини. Наук. ред. М. Щербак, О. Бобров. 740 с. ; Т. 2. Неметалічні корисні копалини. Наук. ред. Н. Щербак, С. Гошовський. 552 с.
5. Редкие элементы Украинского щита / отв. ред. И. Щербань. Киев : Наук. думка, 1986. 256 с.

6. Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023. Final Report.  
<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/57318397-fdd4-11ed-a05c-01aa75ed71a1> / Last accessed: 16.02.2025