



УДК 553.2 (477)
УДК 622.23

РОЛЬ РІДКІСНИХ І РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНИХ МЕТАЛІВ У 5-6 ТЕХНОЛОГІЧНИХ УСТРОЯХ: ПЕРСПЕКТИВИ УКРАЇНИ

Л.Шпильовий¹, В.Білецький²

¹ ТОВ "Азов-Мінеральна техніка", Донське, Україна

² Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, Україна. e-mail: ukcdb@i.ua, тел. +380 (067) 717-80-68.

THE ROLE OF RARE AND RARE-EARTH METALS IN 5-6 TECHNOLOGICAL DEVICES: PERSPECTIVES OF UKRAINE

L. Shpylovyi¹, V. Biletskyi²

¹ LLC "Azov-Mineraltehnika", Donske, Ukraine

² National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine

*Corresponding author: e-mail ukcdb@i.ua, tel. +380(067) 717-80-68.

ABSTRACT

The role of rare and rare-earth metals in the set of modern and future related industries, which have a single technical level and develop synchronously, is shown. Today, the 5th (the age of computers and telecommunications) and 6th (nanotechnology) technological devices are the core technological devices that determine the course of scientific and technological progress. The authors emphasize the exceptional importance of rare and rare-earth metals in the modern and further development of the economy of the countries of the world. In particular, Ukraine's prospects are considered in this context.

Keywords: rare and rare-earth metals, extraction, processing, use, scientific and technical progress, world market of rare metals, Ukraine

ВСТУП. З розвитком новітніх галузей науки й техніки в усьому світі різко зростає роль рідкісних (РМ) і рідкісноземельних (РЗМ) металів, які використовуються у провідних галузях виробництва і забезпечують економічну й оборонну безпеку будь-якої держави. Важко назвати галузь техніки, яка тією чи іншою мірою не застосовувала б рідкісні метали, їх сплави та різноманітні сполуки. Атомна енергетика, радіоелектроніка, авіаційна й ракетна техніка, машинобудування, приладобудування, хімічна й медична промисловість, виробництво напівпровідникових і наноматеріалів, спеціальних сортів легованих сталей, композиційних матеріалів безупинно розширюють номенклатуру застосування рідкісних і рідкісноземельних металів і підвищують вимоги до їхньої чистоти. Рідкісні й рідкісноземельні метали та їх сполуки мають різочу різноманітність фізико-хімічних властивостей, що й визначає надзвичайно широкі

сфери їхнього застосування. В усьому світі зростають масштаби виробництва й споживання рідкісних і рідкісноземельних металів [1].

Забезпеченість і використання промисловістю стратегічних видів мінеральної сировини – рідкісних металів, – є важливими показниками рівня розвитку економіки кожної країни. У першу чергу це стосується ніобію, танталу, рідкісних земель, цирконію, ванадію, молібдену, вольфраму, титану, які знаходять застосування у вигляді концентратів, оксидів чи хімічних сполук, металічних порошків та сплавів у різних галузях промисловості.

Розвиток наукоємних технологій зумовлює сталу світову тенденцію до збільшення споживання рідкісних металів [2]. Спостерігається тенденція неухильного росту споживання продукції на основі рідкісних та рідкісноземельних металів як в традиційних, так і в новітніх високих технологіях, що свідчить про

необхідність посиленої уваги до проблеми розвитку мінерально-сировинної бази цієї групи металів (рис. 1).

Основний виклад. Оскільки рідкісні метали відносяться до матеріалів високих технологій (*advanced materials*), темпи їх світового виробництва суттєво випереджають темпи росту практично всіх видів корисних копалин. Прогнози розвитку ринку рідкісних металів дуже сприятливі. Всі надмагнітні, надлегкі, надтверді, наджаростійкі і високоміцні конструкційні матеріали в наші дні створюються на основі або з використанням рідкісних металів. Всі ресурсо– і

енергозберігаючі технології сьогодні неможливо створити без рідкісних елементів. Зараз налічується багато областей ефективного використання рідкісних металів як у військовій, так і в цивільних областях промисловості, медицини. Рідкоземельні елементи (РЗЕ) є ключовими інгредієнтами для низки енергетичних та інформаційних технологій. Вони є незамінною частиною потужних магнітів для виробництва електроенергії для компонентів акумуляторної батареї, а також для оптичних пристроїв, таких як лазери.

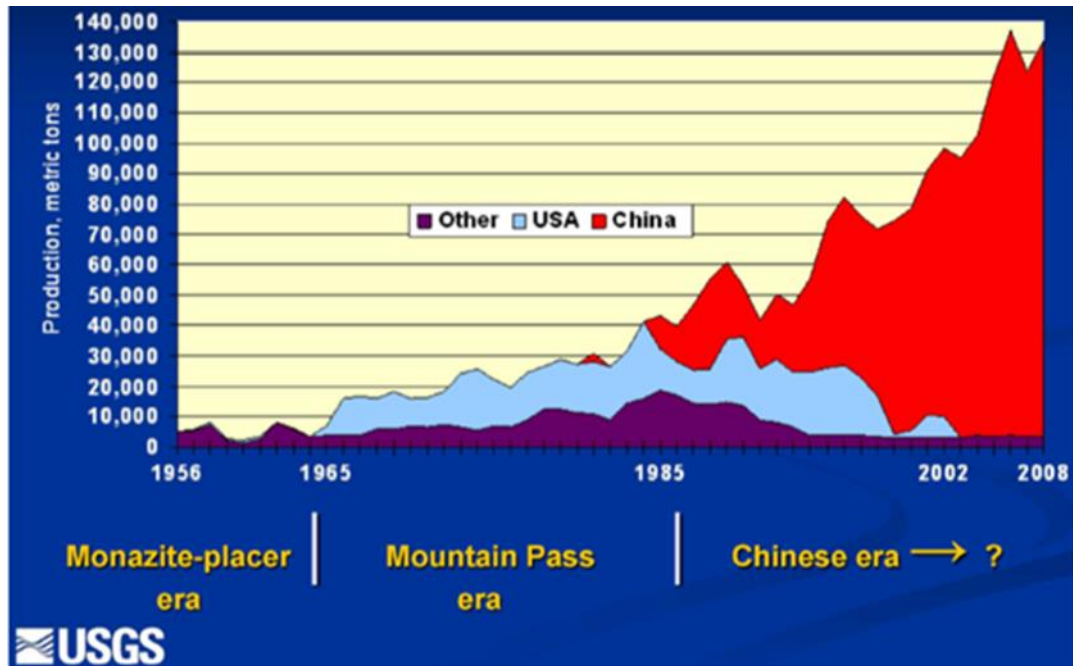


Рисунок 1. Глобальний видобуток РЗЕ. Лідер видобутку станом на початок XXI ст. — Китай.

Промислово-економічний рівень розвитку сучасних держав визначається масштабами споживання не стільки чавуну і сталі, скільки рідкісних металів. Найбільшими споживачами рідкісних металів в світі є країни, що досягли найбільших успіхів в науково-технічному прогресі: США, країни Західної Європи, Японія, Китай.

Відповідно до «Звіту про світовий ринок рідкоземельних металів за 2022 рік» The Business Research Company⁴ очікується, що розмір ринку рідкоземельних металів зросте з 5,72 мільярда доларів США у 2021 році до 6,53 мільярда доларів США у 2022 році за середньорічного темпу зростання (CAGR) 14,1%. Очікується, що світова частка ринку рідкоземельних металів зросте до 9,65 мільярдів

доларів у 2026 році при середньому темпі зростання 10,3%. Згідно з аналізом ринку рідкоземельних металів, очікується, що збільшення попиту на електроніку стане основним рушієм ринку в прогнозований період [3].

Основні тенденції ринку рідкоземельних металів – розробка надтонких 2D-магнітів формує перспективи ринку рідкоземельних металів, що призводить до нових застосувань в обчислювальній техніці та електроніці. Тенденції промисловості рідкоземельних металів включають надтонкі двовимірні магніти, які можуть працювати при кімнатній температурі та можуть використовуватися в обчислювальній техніці та електроніці. Наприклад, у липні 2021 року вчені Департаменту енергетики Національної лабораторії імені Лоуренса Берклі нещодавно розробили ультратонкий 2D-магніт, який є хімічно стабільним за умов навколишнього середовища та може використовуватися в компактних спінтронних пристроях пам'яті високої щільності [3].

⁴ The Business Research Company
<https://www.thebusinessresearchcompany.com/>

Масштаби видобутку, виробництва й споживання більшості рідкісних металів, необхідних для розробки саме новітніх технологій, – це точний індикатор науково-технічного розвитку країни. Отже, ні про який розвиток нанотехнологій не може бути й мови, якщо країна не виробляє і не споживає рідкісні елементи.

Станом на 2021 р. Китай є монополістом на світовому ринку як з видобутку, так і з переробки РЗЕ, і більшість країн і галузей промисловості світу залежать від китайського експорту. Протягом останнього десятиліття США постійно імпортували понад 80% своїх поставок РЗЕ з Китаю (USGS 2010-2021).

Складність подолання китайської монополії полягає в тому, що Китай не тільки має найбільші у світі запаси РЗЕ, але також є домом для близько 80% потужностей з переробки РЗЕ. Переробка РЗЕ є дорогим процесом із значним впливом на навколишнє середовище, і багато країн, які видобувають руду РЗЕ на власних територіях, вибирають переробку в Китаї, а не переробку всередині країни [4].

Україна суттєво відстає від економічно розвинутих країн в споживанні рідкісних металів. Так, споживання ніобію на одну тонну виплавленої в нашій країні сталі складає 6-8 грамів, в той час як в провідних країнах цей показник сягає 110-155 грамів [5].

Сучасні світові ринки сировини та інвестиційні проекти в царині надрокористування жорстко поділені, а їх найпривабливіші сегменти характеризуються високим напруженням конкурентної боротьби. Глобалізація світового мінерально-сировинного комплексу стала реальністю. На сьогодні близько 100 транснаціональних корпорацій контролюють більше 70 % світового видобутку і переробки корисних копалини. Для більшості видів мінеральної сировини характерна ситуація, коли декілька країн задовольняють не менше 60-70 % світової потреби в ній. Такі країни, зокрема ті, які мають розвідані запаси рідкісних металів, мають суттєві переваги в конкурентній боротьбі.

Численними геологічними дослідженнями встановлено, що Україна є унікальною рідкіснометалічною провінцією [6-11].

Станом на початок ХХІ ст. перспективними залишаються такі рудні об'єкти: Пержанське берилієве, Ястребецьке флюоритциркон рідкісноземельне, Малишівське ільменітцирконове, Полохівське, Шевченківське та Станковатське літєві, Азовське циркон-рідкісноземельне, Жовторіченське скандій-ванадієве, Мазурівське нефелін-польовошпат-рідкіснометалічне, Вербинське молібденове, Новополтавське апатит-рідкісноземельне, Федорівське, Кропивинське, Стремгородське апатит-титаномагнетит-рідкіснометалічне.

Разом з тим, цей потужний природний потенціал для розвитку економіки країни до теперішнього часу в повній мірі не

використовується. Показники імпорту рідкіснометалічної продукції говорять про те, що Україна, володіючи значними сировинними запасами рідкісних і рідкісноземельних металів, змушена їх завозити. Це говорить про нерозвиненість вітчизняної галузі рідкісних металів [8].

Державними програмами розвитку мінерально-сировинної бази для задоволення потреб нашої країни в РМ і РЗМ планувалося освоєння ряду нових великих об'єктів, в першу чергу Мазурівського родовища нефелінових сієнітів – комплексних нефелін-польовошпат-рідкіснометалічних руд. Однак постійна зміна як політичної, так і економічної ситуації, відволікання уваги високопосадовців на боротьбу за владу, бездіяльність чиновників, ставали на заваді реалізації державними структурами намічених планів. А приватний бізнес не створив свого вітчизняного сектора видобування і продуктування РМ і РЗМ.

Проте завдання щодо підготовки й створення вітчизняної мінерально-сировинної бази РМ та РЗМ продиктовані не тимчасовими обставинами, а розрахунками на тривалу перспективу [12-16], та повинні відповідати національним інтересам держави [8]. Слід зауважити, що в міжнародній торгівлі політичні міркування нерідко переважають економічну доцільність, та диктують свої умови гри.

В Україні поки що в промислових масштабах налагоджено виробництво лише титанових та цирконієвих концентратів, та деяких продуктів їх переробки.

У той же час, на території Східного Приазов'я знаходиться Мазурівське родовище нефелін-польовошпат-циркон-тантал-ніобієвих руд [17-27], яке просторово та генетично пов'язане зі становленням Октябрського лужного масиву. Згідно техніко-економічної доповіді (ТЕД) родовище визнане рідкіснометалічним [26, 28-31], проте саме комплексний характер руд зумовлює промисловий інтерес до нього. Останнім часом спостерігається поживлення господарської діяльності підприємств керамічної та скляної галузі, що мають значну потребу в польовошпатовому концентраті, яка на сьогодні задовольняється імпортом із Росії та Туреччини. Комплексне використання всіх корисних копалин Мазурівського родовища значно підвищує перспективи його освоєння.

З практичної точки зору, можливість суттєвого зниження залежності від імпорту концентратів рідкісних металів (ніобію, танталу та ін.), можливість зниження собівартості вітчизняного виробництва феросплавної та іншої рідкіснометалевої продукції, а також створення вітчизняної сировинної бази нефелін-польовошпатових матеріалів залежить від глибини вивчення геолого-економічних, технологічних, інженерно-геологічних та екологічних параметрів Мазурівського родовища як «еталонного комплексного пілотного об'єкту». Освоєння родовища

сприятиме зміцненню рідкіснометалічної та польовошпатової сировинної бази України. Обидві підгалузі промисловості надзвичайно важливі для економіки держави, забезпечення внутрішнього ринку та зміцнення експортного потенціалу країни [24-26].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Жарменов А.А. Сила – в комплексности: Национальному центру по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан – 25! // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – М., 2018. – Вып. 61(9). – С. 674-677.
2. U.S. Geological Survey, 2021, Mineral commodity summaries 2021: U.S. Geological Survey, 200 p. URL: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2021/mcs2021.pdf>
3. Rare Earth Metals Global Market Estimated To Grow At 14% Rate // The Business Research Company's Rare Earth Metals Global Market Report 2022: Market Size, Trends And Forecast To 2026. LONDON, GREATER LONDON, UK, August 17, 2022. URL: https://www.einnews.com/pr_news/586461734/rare-earth-metals-global-market-estimated-to-grow-at-14-rate
4. The Not-So-Rare Earth Elements: A Question of Supply and Demand. // HYONG-MIN KIM, DEEP JARIWALA / SEPTEMBER 23, 2021. URL: <https://kleinmanenergy.upenn.edu/research/publications/the-not-so-rare-earth-elements-a-question-of-supply-and-demand/>
5. Шпильовий Л. В. Збагачення ніобієвих руд: монографія / Л. В. Шпильовий, В. С. Білецький, К. Л. Шпильовий; ред. В. С. Білецький. — Київ: Халіков Р. Х., 2021. — 160 с.
6. Волкова Т.П. Геолого-геохимические критерии оценки редкометалльных месторождений в щелочных комплексах Приазовья (Украинский цит): Автореф. дис. д-ра... геол. наук: 04.00.11 / ИГМР НАН Украины. – К., 2004. – 28 с.
7. Волкова Т.П. Редкометалльные объекты Донецкой области – путь развития экономических отношений между Украиной и Россией // Сучасні економічні можливості розвитку та реалізації мінерально-сировинної бази України і Росії в умовах глобалізації ринку мінеральної сировини / Під ред. Л.С. Галецького – К.: Ін-т геол. наук НАН України, 2005. – С. 33-36.
8. Выдолоб В.В. Благородные и редкие металлы: информационное обеспечение, стратегические направления развития, значимость для регионов / В.В. Выдолоб, С.Г. Грищенко, С.В. Кольцов // Благородные и редкие металлы. – Донецк: ДонНТУ, ООО «Норд Компьютер». – 2003. – С. 15-17.
9. Гурський Д. С. Металічні корисні копалини // Металічні і неметалічні корисні копалини / Гурський Д. С., Єсипчук К. Ю., Калінін В. І. [та ін.]; Наук. ред. М. П. Щербак, О. Б. Бобров. — НАН України, Держ. геолог. служба України.. — Київ: Центр Європи, 2006. — Т.1. — 739 с. — ISBN 966-7022-61-7.
10. Стрекозов С.Н. Перспективы геолого-промышленной переоценки месторождений и рудопроявлений редких металлов и редких земель Приазовья в новых экономических условиях / С.Н.Стрекозов, Н.А.Козарь, В.В.Груба // Сучасні економічні можливості розвитку та реалізації мінерально-сировинної бази України і Росії в умовах глобалізації ринку мінеральної сировини / За ред. Л.С. Галецького – К.: Ін-т геол. наук НАН України, 2005. – С. 259-261.
11. Фоций Н.В., Козарь Н.А.,Стрекозов и др. Создание в Донецком регионе промышленной базы по получению редких металлов и редких земель / Н.В.Фоций, Н.А.Козарь, С.Н.Стрекозов // Рідкісні метали України – погляд у майбутнє / За ред. Л.С. Галецького – К.: Ін-т геол. наук НАН України, 2001. – С.105.
12. Ажажа В.М. Редкие металлы в науке и технике / В.М.Ажажа, А.В.Бабун, А.М.Бовда // Сучасні економічні можливості розвитку та реалізації мінерально-сировинної бази України і Росії в умовах глобалізації ринку мінеральної сировини / За ред. Л.С. Галецького – К.: Ін-т геол. наук НАН України, 2005. – С. 7-11.
13. Айнберг Л.Ф. Приазовский щелочной массив / Л.Ф.Айнберг // Тр. Всесоюзн. Геол.-развед. об-ния НКТП СССР. – Л.: М., 1933. – Вып. 196. – С. 3-19.
14. Атлас “Геологія і корисні копалини України” / [Галецький Л.С., Чернієнко Н.М., Брагін Ю.М. та ін.]; за ред. Л.С.Галецького]. – НАН України, Міністерство екології та природних ресурсів, ДФФД Міністерство освіти і науки, ТОВ УЦПТ “Геос-XXI сторіччя”. К.: ДП «Такі Справи», 2001. – 168 с.
15. An Atlas of Geology and Mineral Resources of Ukraine / [Galets'kyi L.S., Cherniyenko N.M., Drannuk A.S. and other]; under L.S. Galets'ky]. – Printed in Canada. Publisher – Toronto: University of Toronto Press, 2007. – 168 с.
16. Волкова Т.П. Особенности размещения тантал-ниобиевого оруденения в Октябрьском массиве / Т.П. Волкова, Р.В.Попов // Благородные и редкие металлы. – Донецк: ДонНТУ, ООО «Норд Компьютер», 2003. – С. 186-188.
17. Галецкий Л.С. Роль минеральных ресурсов Украины в преодолении кризисных явлений в экономике / Л.С.Галецкий, Н.Н.Черниенко // Розвиток продуктивних сил України: від В.І. Вернадського до сьогодення: Матеріали міжнародної наукової конференції. – Київ, 20 березня 2009 р.: У 3-х част. / РВПС України НАН України. — К.: РВПС України НАН України, 2009. – Ч.2 – С. 87-90.
18. Галецкий Л.С. Состояние и перспективы обеспечения ГМК Украины минеральным сырьем / Л.С.Галецкий, Н.Н.Черниенко // Геолог Украины, 2008. – № 4. – С. 27-38.

19. Галецький Л.С. Зміна ролі і значення мінерально-сировинного потенціалу України в сучасних умовах / Л.С.Галецький, Є.О.Яковлев, Н.М.Чернієнко // Національна безпека: український вимір: Наук. зб. Рада нац. безпеки і оборони України, Ін-т пробл. нац. безпеки. — К., 2009. — Вип. 4(23). — С. 32-38.

20. Донской А.Н. Нефелиновый комплекс Октябрьского щелочного массива / А.Н.Донской — К.: Наук. думка, 1982. — 148 с.

21. Донской А.Н. Перспектива обеспечения Украины собственной сырьевой базой алюминиевой промышленности / А.Н.Донской, Е.А.Кулиш // Геология та генезис рудних родовищ України (сучасний стан, нові підходи проблеми, рішення). - К.: УкрДГРІ, 2004. — С. 226-228.

22. Донской А.Н. Нефелиновые породы Украины – комплексные алюминий-глиноземные и редкометалльные руды / А.Н.Донской, Е.А.Кулиш, Н.А.Донской – К.: Логос, 2004. — 222 с.

23. Когон Э.Ш. Особенности технологической минералогии редкометалльной и редкоземельной сырьевой базы Приазовья / Э.Ш.Когон, Н.Н.Черниенко // Геол. журнал, 2006. — № 4. — С. 87–90.

24. Черниенко Н.Н. Геолого-технологические особенности освоения Мазуровского месторождения Приазовья Черниенко // Геологический журнал, 2006. — № 2-3. — С. 191-197.

25. Черниенко Н.Н. Мазуровское месторождение редкометалльных нефелин-полевошпатовых руд – проблемы и перспективы освоения / Н.Н.Черниенко // Сучасні економічні можливості розвитку та реалізації мінерально-сировинної бази України і Росії в умовах глобалізації ринку мінеральної сировини / Під

ред. Л.С. Галецького – К.: Ін-т геол.наук НАН України, 2005. — С. 280-286.

26. Чернієнко Н.М. Геолого-економічні критерії комплексного освоєння Мазурівського родовища польвошпат-нефелін-рідкіснометалевих руд Приазов'я // Геолог України, 2008. — № 3. — С. 32-43.

27. Шпилевой К.Л. Разработка технологии извлечения редких металлов из отходов обогащения мариуполитов / К.Л.Шпилевой, В.С.Белецкий, Р.Л.Попов, Л.А.Маклакова // Благородные и редкие металлы. — Донецк: ДонНТУ, ООО «Норд Компьютер», 2003. — С. 257-259.

28. Гамалинский А.И., Ивашутин Д.Д., Фрикова З.С. Технично-экономический доклад о целесообразности проведения детальной разведки на Мазуровском месторождении с обоснованием временных кондиций: Отчет о НИР / ИМР. — Донецк, 1990. — 242 с.

29. Гамалинский А.И., Ивашутин Д.Д., Фрикова З.С. Дополнения к «Технично-экономическому докладу о целесообразности проведения детальной разведки на Мазуровском месторождении с обоснованием временных кондиций: Отчет о НИР / ИМР. — Донецк, 1990. — 104 с.

30. Коваль Е.М., Павлюченко Р.А., Стрекозов С.Н. и др. Отчет о результатах предварительной разведки Мазуровского месторождения редких металлов, проведенной в 1984-1991 гг. с подсчетом запасов на 01.01.1991 г. : Отчет о НИР / ППРЭ КП «Южукргеология». — Волноваха, 1991. — 344с.

31. Коваль Е.М., Стрекозов С.Н., Козина Е.Д. Проект на проведение детальной разведки Мазуровского редкометалльного месторождения 1994-1998 г.: Отчет о НИР / ППРЭ КП «Южукргеология». — Волноваха, 1998. — 286 с.

ABSTRACT (IN UKRAINIAN)

Показана роль рідкісних і рідкісноземельних металів у сукупності сучасних і майбутніх зв'язаних виробництв, що мають єдиний технічний рівень і розвиваються синхронно. Сьогодні стрижневими технологічними устроями, які визначають хід науково-технічного прогресу, є 5-й (епоха комп'ютерів і телекомунікацій) та 6-й (нанотехнології) технологічні устрої. Автори акцентують увагу на виключній важливості рідкісних і рідкісноземельних металів у сучасному і подальшому розвитку економіки країн світу. Зокрема, в цьому контексті розглянуті перспективи України.

Ключові слова: рідкісні і рідкісноземельні метали, видобування, переробка, використання, науково-технічний прогрес, світовий ринок рідкісних металів, Україна.

ABOUT AUTHORS

Л.Шпильовий, ТОВ "Азов-Мінеральна техніка", Донське, Україна

В.Білецький, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, Україна.
e-mail: ukcdb@i.ua, тел. +380 (067) 717-80-68.