

ТЕХНОГЕННІ ДІЛЯНКИ, ЯК ШЛЯХ ДО РОЗШИРЕННЯ РЕСУРСНОЇ БАЗИ УКРАЇНИ

Прокопенко О.С., alex.prokop2206@gmail.com

Фалькович О.Л., falkovich.oleksii@gmail.com

ТОВ «Геологічна сервісна компанія ГСК», Київ, Україна.

Стаття присвячена розгляду техногенних ділянок як інструменту швидкого розширення ресурсної бази України без відкриття нових родовищ. Зростаючий попит на критичні матеріали (літій, графіт, нікель, кобальт, РЗЕ, скандій) та концентрація їхньої переробки у світі підвищують ризики для ланцюгів постачання. Автори підкреслюють, що техногенні ресурси можуть частково задовольнити внутрішні потреби, зменшуючи імпорту залежність. Запропоновано трирівневий підхід: геолого-економічний скринінг, 3D-моделювання перспективних тіл та дослідно-промислово розробку. Автори відзначають, що діючі платежі за спецдозволи є бар'єром для залучення бізнесу: вони становлять близько 3 % потенційних рентних надходжень, але стримують доступ до решти 97 %. Пропонується скасування додаткових платежів, щоб стимулювати інвестиції, вирішити накопичені екологічні проблеми та збільшити ресурсну базу критичної сировини та будівельних матеріалів.

TECHNOGENIC SITES AS A PATHWAY TO EXPANDING UKRAINE'S RESOURCE BASE

Prokopenko O.S., alex.prokop2206@gmail.com

Falkovych O.L., falkovich.oleksii@gmail.com

LLC "Geological Service Company GSK", Kyiv, Ukraine

The article examines technogenic sites as a means of rapidly expanding Ukraine's resource base without developing new deposits. Rising demand for critical materials (lithium, graphite, nickel, cobalt, REEs, scandium) and the geographic concentration of their processing heighten supply-chain risks. The authors emphasize that technogenic resources can partially meet domestic demand, thereby reducing import dependence. A three-stage approach is proposed: geological-economic screening, 3D modeling of prospective bodies, and pilot-scale industrial development. The authors note that existing fees for special permits act as a barrier to business participation: they account for about 3% of potential rent revenue but restrict access to the remaining 97%. The article proposes abolishing these additional payments to stimulate investment, address accumulated environmental issues, and expand the resource base for both critical raw materials and construction materials.

Сучасні галузі — енергетика, авто- та авіабудування, електротехніка, ІТ (інформаційні технології) залежні від вузької групи критичних матеріалів (літій, нікель, кобальт, графіт, рідкісноземельні елементи тощо). Попит на критичні матеріали зараз зростає значно швидше, ніж у 2010 роках, у 2024 попит на літій зріс майже на 30 %, а на нікель, кобальт, графіт і РЗЕ (рідкісноземельні елементи) на 6 – 8 %, причому це зростання значною мірою було зумовлене енергетичними секторами, такими як електромобілі, системи накопичення енергії, відновлювані джерела енергії та інші.[1]

Водночас ЄС офіційно закріпив цільові орієнтири до 2030 року: не менше 10 % внутрішнього видобутку, 40 % переробки й 25 % рециклінгу власного споживання стратегічних сировинних матеріалів, а також — не більш як 65 % залежності від однієї країни-постачальника. Ці фактори фактично легітимізують «урбан-майнінг» і повернення у виробництво того, що ще вчора вважали відходами. [2]

Важливим аспектом у доступності до сировини є диверсифікація ланцюгів забезпечення, але на сьогоднішній день спостерігається концентрації переробки. За даними ІЕА (International Energy Agency), Китай є домінуючим рафінером для 19 із 20 проаналізованих мінералів; у середньому близько 70 % світової потужності з рафінування зосереджено в Китаї. З 2020 по 2024 рік концентрація ще зросла: для кобальту, графіту та РЗЕ саме Китай був головним джерелом приросту пропозиції; для нікелю — Індонезія (Рис. 1).

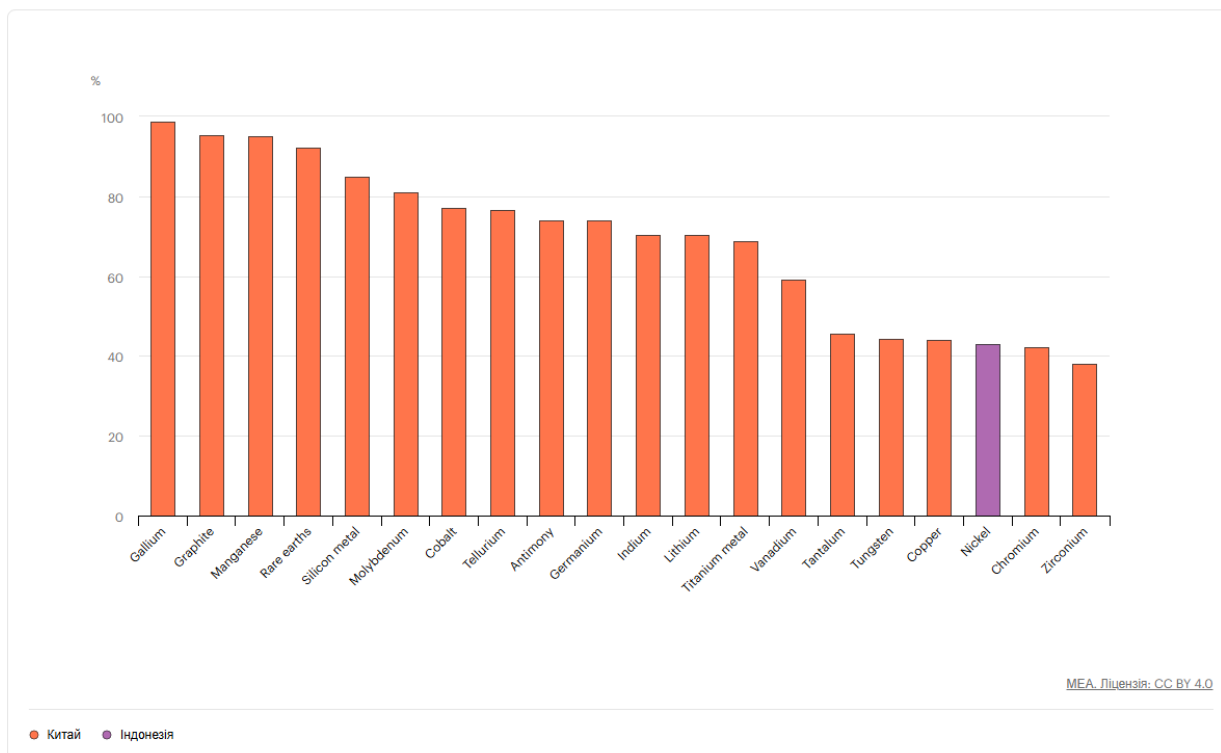


Рис. 1 Частка країни-лідера з переробки 20 корисних копалин [3]

Паралельно масштаб техногенної ресурсної бази постійно збільшується, щороку у світі генерується близько 9–14 мільярдів тонн гірничих хвостів, а загальна кількість хвостосховищ обчислюється тисячами; їхня безпека стала предметом окремого глобального стандарту (GISTM). [4]

Лише фосфогіпсу побічного продукту виробництва фосфорної кислоти світ щорічно додає близько ~300 млн. т. (сукупно накопичено понад 7 млрд. т.), і це типовий приклад техногенного матеріалу з потенціалом критичних елементів (REE/Sc/Sr). [5]

Для України це означає просту річ: техногенні ділянки — хвости ГЗК (гірничо-збагачувальні комбінати), золи/шлаки ТЕС (теплоелектростанція), фосфогіпсові відвали, шлами збагачення — можуть стати шляхом розширення ресурсної бази без відкриття родовищ і будівництва нових кар'єрів та шахт. Стати місцем де економіка й екологія сходяться в одне ціле. Питання не в «чи можливо», а де саме і за якої умови та ринку це стає вигідним.

Під словосполученням «техногенні ділянки» ми розуміємо території, на яких унаслідок виробничої діяльності накопичені великі масиви мінеральної сировини техногенного походження: хвости та шлами збагачення, золошлакові відвали ТЕС, шлаки металургії, фосфогіпс, «червоні шлами», відвали гірничих робіт. На відміну від природних родовищ, ці масиви уже видобуті, подрібнені й певною мірою перероблені, а отже, вони ближчі до кінцевих стадій ланцюга створення вартості й потенційно дешевші у залученні: не потрібно рити кар'єр, будувати довгі транспортні гілки й переносити величезні об'єми розкриву. У практиці часто вживають і термін «техногенні родовища» — коли обсяги, однорідність і вміст корисних компонентів дозволяють поширювати на них той самий регламент оцінювання, що й для природних об'єктів: геолого-економічну оцінку, техніко-економічні розрахунки, план гірничих робіт і схему переробки.

Ці техногенні ділянки різні за походженням і структурою. Хвости збагачення руди - це тонкодисперсний матеріал із частково вивільненими мінеральними фазами; золошлаки ТЕС несуть у собі скляну аморфну складову та мікросферу; фосфогіпс — переважно дигідрат сульфату кальцію з домішками фосфатів, фторидів і, інколи, рідкісноземельних елементів; «червоні шлами» — лужна суміш з оксидами заліза, алюмінію, титану, скандію; металургійні шлаки — це багатокомпонентні оксидні системи (переважно $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-FeO}$), які при охолодженні утворюють склоподібну або кристалічну матрицю. Розуміння фазового та хімічного складу матеріалу визначає технологічний підхід: що можна виділити простим гравітаційним чи магнітним способом, що

потребує кислотного вилуговування або іонообміну, а що доцільно перетворити на товарний матеріал для цементу, дорожнього будівництва чи гіпсових виробів.

Техногенні ділянки виходять на перший план з трьох причин.

По-перше, через структурну залежність сучасних ланцюгів постачання від обмеженої групи критичних матеріалів. Розвиток акумуляторної енергетики, електротранспорту, електроніки, вітро-та сонячної генерації тисне на попит літію, графіту, нікелю, кобальту, рідкісноземельних елементів, скандію та ін. При цьому переробка більшості з них географічно концентрована, а отже, будь-які торговельні чи геополітичні потрясіння миттєво б'ють по цілих секторах. Техногенні джерела дозволяють частину потреб закривати локально, зменшуючи імпорتنу вразливість.

По-друге, технології дозріли. Те, що десять–п'ятнадцять років тому було лише дослідно-експериментальною розробкою, нині реалізовано в промислових процесах: селективні реагенти, мембранні процеси, сорбенти нового покоління, більш «чисті» кислотні цикли з регенерацією реагентів, точні методи контролю якості (ICP-MS/ICP-OES, автоматизована мінералогія). У поєднанні з цифровими інструментами — геомодельюванням техногенних тіл, дистанційним зондуванням та оснащення матеріальних і технологічних потоків онлайн-сенсорами з інтеграцією їх у систему керування перетворюють «мертві» відвали на керований ресурс із прозорим мас-балансом і прогнозованими показниками.

По-третє, зміни в регуляторній й суспільній оптиці. Стандарти безпечного управління хвостами, вимоги до скорочення відходів і вуглецевого сліду, цілі щодо критичних мінералів — усе це накладається на економічні стимули до імпортозаміщення. Там, де переробка техногенних матеріалів знімає екологічне навантаження на громади й бюджети (менше пилу, стоків, радіологічних ризиків), вона отримує додаткову соціальну підтримку та довіру.

Практика вже має промовисті приклади. Міжнародні проекти демонструють виробництво скандію з відходів титанової промисловості без відкриття нових кар'єрів, відпрацьовують схеми вилучення рідкісноземельних елементів із вугільної золи та впроваджують комбіновані підходи «REE + фосфор» на відходах залізорудної переробки. Спільним у цих кейсах є не лише технологія, а й бізнес-логіка: поєднання кількох потоків продуктів, стандартизація якості, інтеграція з наявною інфраструктурою та поетапне масштабування — від дослідного стенду до демонстраційного майданчика і далі до промислового рішення.

Разом із тим, не кожен відвал — це перспектива. Щоб відрізнити можливість від ризику, інвестори дивляться на трикутник «тоннаж × вміст × ступінь вилучення» і наявність супутніх продуктів, які покращують економіку (наприклад, поєднання REE/Sc із виробництвом будівельного гіпсу або цементної добавки). Важливими є стабільність якості в просторі та часі, доступ до енергії й реагентів, логістика, наявні покупці з чіткими специфікаціями. Окремо оцінюються екологічні та радіологічні обмеження: безпечна гідрогеологія, управління водними потоками, пилогазовими викидами, відповідність нормам щодо природних радіонуклідів, а також вимоги до інженерно безпечного закриття та післяексплуатаційного моніторингу. Рішення має враховувати не лише показники вмісту, а й ринкові параметри — попит, ціни, вимоги покупців і логістику.

Український контекст додає власні аргументи. Країна має десятки великих хвостосховищ ГЗК, значні масиви золошлаків ТЕС, фосфогіпсові поля на хімічних комбінатах, відвали вуглезбагачення. Це мільярди тонн матеріалу, який дорого утримувати та складно належно законсервувати чи рекультивувати, але який водночас може містити коштовні домішки — від рідкісноземельних елементів і скандію до фосфору, стронцію, ванадію чи навіть титану. У багатьох випадках логістика, енергетика й кадри вже на місці; не вистачає лише системного скринінгу, щоб відсіяти малоперспективні об'єкти й зосередитися на дослідно-промислових проєктах.

Суть підходу проста, але вкрай ефективна та прагматична. Спочатку — короткий геолого-економічний скринінг (геолого-економічне вивчення): репрезентативний відбір проб, кількісна аналітика головних елементів та мікроелементів, базова мінералогія, картування та моделювання зон підвищених концентрацій. Потім — зосереджуємося на перспективних ділянках з оптимальним поєднанням тоннажу, вмісту й вилучуваності: для них будуємо 3D-модель техногенного тіла, випробовуємо технологічні схеми та оцінюємо економіку і екологічний ефект. На завершення — дослідно-промислова розробка, яка підтверджує масштабованість і дає дані для інвестиційних

рішень. На кожному етапі рішення мають враховувати не тільки показники вмісту, а й комерційну доцільність: де і за якою ціною продавати концентрат або напівпродукт, як поєднати кілька потоків доходу (наприклад, виділення REE/Sc із паралельним виробництвом будівельного гіпсу чи цементної добавки), як мінімізувати відходи й закрити водні цикли.

Техногенні ділянки не є панацеєю, проте це практичний інструмент для швидкого розширення ресурсної бази без складних і тривалих процедур відкриття нових кар'єрів. Вони скорочують термін від підготовки проєкту до його впровадження, підвищують стійкість ланцюгів постачання й залишають більшу частину доданої вартості в країні. Питання вже не в тому, чи займатися цим напрямом, а де саме починати, щоб перші проєкти були технічно простими, економічно виправданими та суспільно прийнятними. Саме від точного вибору цих «точок входу» залежить, чи перетворяться техногенні ділянки з пасивів на активи й чи стануть вони реальним шляхом до розширення ресурсної бази України.

Для успішної реалізації програми залучення техногенних ділянок до розширення сировинної та виробничої бази критичної сировини України необхідно переглянути підхід до геолого-економічного вивчення та чинну процедуру отримання спеціального дозволу на користування надрами, яка охоплює техногенні ділянки.

Сума коштів, яку отримує держава за видачу спеціального дозволу, становить близько 3 % від загальних надходжень від рентної плати за користування надрами, у випадку з техногенними родовищами це є бар'єром для отримання інших 97 % доходів.

Скасування додаткових платежів за отримання спеціальних дозволів на розробку техногенних ділянок, що за своєю суттю є утилізацією відходів, стимулюватиме бізнес інвестувати кошти в їх переробку й знімає тягар підприємств з їх утримання. Діючі приватні підприємства вже є юридичними власниками утворених ними промислових відходів. Скасування додаткових платежів для отримання спеціальних дозволів знімає бар'єр та стимулює їх залучення до переробки. Це дозволяє планомірно оцінити наявність промислових концентрацій та їх обсяг, провести дослідження ступеня їх вилучення в дослідно-промислових умовах і оцінити економіку цих процесів у реальних умовах — без ризику марного вкладення коштів у спецдозвіл. Спрямування коштів на дослідження техногенної ділянки замість сплати за спецдозвіл стає локомотивом отримання 97 % надходжень до державного бюджету з рентної плати.

У випадках, де вже немає діючих підприємств, держава виставляє на аукціон техногенні ділянки для їх геологічного вивчення та подальшої переробки. Якщо власник не має можливості або бажання займатися своїми відходами, він передає таке право державі.

Ми впевнені, що такий підхід дозволить, по-перше, вирішити накопичені екологічні проблеми, по-друге, збільшити ресурсну базу як критичної мінеральної сировини, так і будівельних матеріалів.

Список використаних джерел:

1. Інтернет ресурс - <https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2025/executive-summary>
2. Інтернет ресурс - https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/critical-raw-materials-act_en
3. MEA (2025), Частка країни-лідера з переробки 20 енергетичних корисних копалин, MEA, Париж <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/share-of-top-refining-country-for-20-energy-related-minerals>, Ліцензія: CC BY 4.0
4. Oberle, B., Brereton, D. and Mihaylova, A. (eds.), 2020. Towards zero harm: A compendium of papers prepared for the Global Tailings Review. London: Global Tailings Review.
5. Jie Yang a, Senlin Dong a b, Liping Ma, 2024. Review on high-value utilization of phosphogypsum: Utilization of calcium and oxygen resources present in phosphogypsum.