

DOI: 10.32347/2412-9933.2022.51.141-149

УДК 628.168.3/628.161.2

Трач Юлія Петрівна

Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи,

<https://orcid.org/0000-0002-3217-2451>

Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне

**ВІДХОДИ ВИДОБУТКУ НЕРУДНИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН:
СУЧАСНИЙ СТАН ТА НАЯВНІ СПОСОБИ ЗМЕНШЕННЯ ЇХ НАКОПИЧЕННЯ**

***Анотація.** У процесі видобутку та переробки корисних копалин завжди утворюються відходи, а отже, може накопичуватися вторинна продукція. На відходи гірничо-переробної галузі припадає найбільша кількість відходів серед всіх відомих галузей господарської діяльності людини. Найбільш раціональна сфера застосування побічних продуктів гірничодобувних підприємств – це промисловість нерудних будівельних матеріалів. Здебільшого це пов'язано з їхньою відносною екологічною безпечністю. Техногенні родовища, по мірі вдосконалення технології збагачення і відповідного устаткування, вже мають і можуть у найближчому майбутньому набути ще більшого промислового значення. Враховуючи при цьому їхній негативний вплив на екологічне довкілля регіонів, їх розташування та нестачу вільних територій і коштів для будівництва нових відвалів та хвостосховищ, можна стверджувати, що вирішення питань щодо розробки техногенних родовищ набуває особливої актуальності. Отже, однією із можливих галузей їх використання є екотехнології. Екологічна інженерія дає змогу впроваджувати біологічні, хімічні методи та системи, що існують у природі для дослідження й проєктування інженерних систем, сучасних підходів та технологій. Інженерна екологія – комплексна наукова дисципліна, що вивчає взаємодію промислового виробництва з навколишнім природним середовищем і забезпечує створення і раціональне функціонування природно-промислових систем різного рангу. Суміжним поняттям є «техноекологія» – наука, що вивчає техногенні фактори забруднення довкілля, взаємодію техносфери з ресурсами довкілля, зокрема і їхнє вилучення. Різниця полягає в тому, що техноекологія вивчає взаємодію техносфери із навколишнім середовищем, а інженерна екологія – засоби та пристрої для зменшення техногенного навантаження на довкілля. Головним прикладним завданнями інженерної екології є розроблення ефективних очисних технологій, безвідходних, маловідходних і екологічно чистих технологій, засобів утилізації відходів, комплексне використання вторинної сировини; головне комплексне завдання – екологізація технологій виробництва та природокористування.*

Ключові слова: корисні копалини; відходи; техногенні родовища; мінеральні ресурси; екологічна інженерія

Постановка проблеми

Видобуток корисних копалин це поширений виробничий процес у різних країнах світу, а також в Україні. Основними типами корисних копалин, які видобуваються в Україні, є: паливні, рудні та нерудні. Основні місця покладів таких корисних копалин наведено на рис. 1.

Нерудні корисні копалини є найбільш поширеними в Україні як за кількістю видів, так і за кількістю відкритих та освоєних родовищ. Пояснюється це тим, що до них належать надзвичайно різноманітні за походженням породи і мінерали. Збільшення видобутку корисних копалин значною мірою пов'язане з помітним зростанням населення та світового попиту на мінеральні ресурси [1].

Видобування, збагачення, переробка мінеральної сировини завжди пов'язані з утворенням і накопиченням відходів. Відвали процесу видобутку, хвостосховища, золо- і шлаковідвали теплових електростанцій, складовані відходи металургійного, хімічного та інших виробництв займають величезні площі, погіршують екологію регіонів, знижують якість життя населення.

Хвостосховища являють собою гідротехнічну споруду – комплекс спеціальних споруд та обладнання, які призначені для складування або захоронення радіоактивних, токсичних та інших відвальних відходів збагачення корисних копалин. На гірничо-збагачувальних комбінатах (ГЗК) із добутої руди отримують концентрат, а відходи переробки переміщують у хвостосховища. Хвости надходять у вигляді пульпи (пісок, вода).

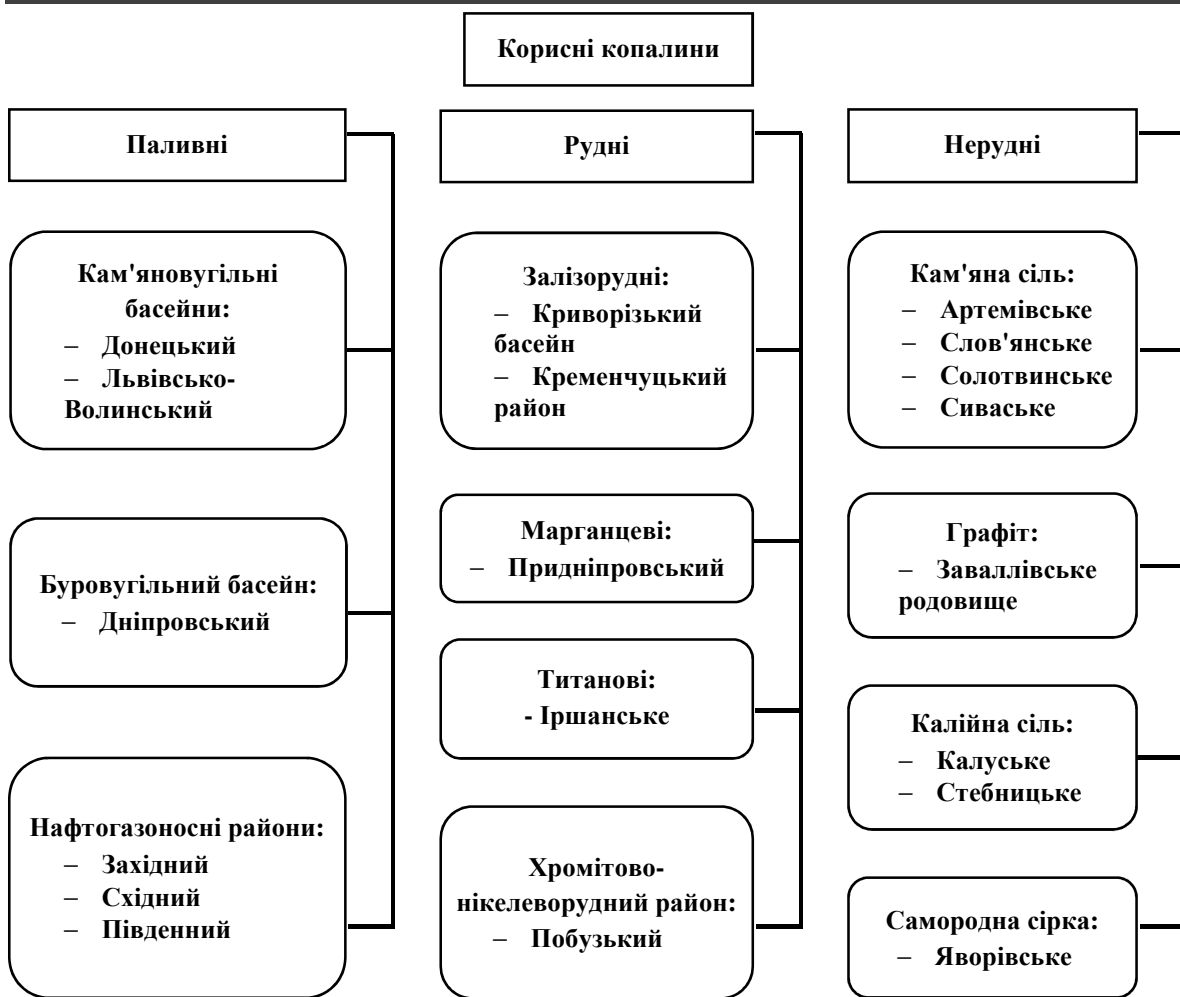


Рисунок 1 – Родовища корисних копалин України

Здебільшого хвостосховище відгороджується дамбою, яка намивається з хвостів і додатково зміцнюється. У хвостосховищі відбувається процес поступового осідання твердої фази хвостів, іноді за допомогою спеціального додавання реагентів – коагулянтів та флокулянтів. Відстояна вода піддається очищенню і скидається у локальні водойми або повертається на збагачувальну фабрику для технологічних потреб.

Одночасно із видобутком корисних копалин виникають й екологічні проблеми [1; 2]. Крім того, зростають соціальні потреби у сталому розвитку всіх видів діяльності, пов'язаних із видобутком корисних копалин, зокрема, у належному управлінні відходами на кожному етапі процесу видобутку, включаючи пошук та розвідку, розробку, видобуток, транспортування та переробку отриманої продукції.

Накопичені відходи гірничодобувної промисловості (а саме їхній якісний склад), масштаби накопичення часто дають підстави розглядати їх як техногенні родовища, що мають реальні перспективи для промислового освоєння. Розробка техногенних родовищ, які утворені в результаті видобутку нерудних корисних копалин,

мають принаймні два позитивних результати: одержання цінної мінеральної сировини та поліпшення екологічного стану довкілля на прилеглих територіях [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Вивчення відходів як потенційного джерела додаткової мінеральної сировини розпочато в Україні у 70-х рр. XX ст. за ініціативою Ради з вивчення продуктивних сил України Національної академії наук. Першим техногенним родовищем України, занесеним до резервного фонду надр, стало шламосховище рудозбагачувальної фабрики ім. Максимова, що працювала до 1960 р. у смт Червоногригорівка Нікопольського р-ну Дніпропетровської області. Запаси марганцевих руд у шламосховищі були оцінені в 1,09 млн т при вмісті Mn в руді 13,6%. Кількість об'єктів накопичення на сьогодні перевищує 1,5 тис., але тільки 13 з них мають статус родовища [3; 4].

Довідникова література подає загальне визначення відходів. Так, відходи – це непридатні для виробництва певної продукції види сировини,

її невикористані залишки або такі, що виникають у ході технологічних процесів речовини (тверді, рідкі та газоподібні) та енергія, які не підлягають утилізації у виробництві, що розглядається; відходи одного виробництва можуть служити сировиною для іншого [1]. Відходи гірничого виробництва – невикористані продукти видобутку та переробки мінеральної сировини, які можна виділити з маси видобутих корисних копалин (гірничої маси) у процесах розробки родовищ, збагачення та хіміко-металургійної переробки [2; 3].

Останнім часом з'явилися концепції, в яких фігурує нове поняття – біосферосумісність будівництва. Автори науково-технічних розробок і реальних проєктів [12 – 16] та ін. як біосферосумісність розуміють локальне ліквідування наслідків попередніх забруднень з одночасною зміною призначення об'єктів – реконструкцію або глибоку модернізацію наявних об'єктів промислового та цивільного призначення, міської забудови.

На відміну від підходу щодо ліквідування наслідків попередніх забруднень з одночасною зміною призначення об'єктів, у вищезазначених дослідженнях застосування принципів біосферосумісного будівництва розуміється як цілеспрямоване оздоровлення будівельного виробництва, що виключає причини його негативного впливу на навколишнє середовище в проєктах інженерного захисту прибережних територій та ґрунтується на використанні екологічних систем інженерного захисту із застосуванням природних матеріалів та врахування закономірностей природних процесів при формуванні складу проєктних рішень.

В економічній літературі як відходи розуміють залишки сировини, матеріалів, напівфабрикатів, теплоносіїв та інших видів матеріальних ресурсів, які виникли у процесі виробництва продукції (робіт, послуг), втратили повністю або частково первинні споживчі властивості та у зв'язку з цим використовуються з підвищеними витратами (пониженням виходу продукції) чи зовсім не використовуються за прямим призначенням. Вартість відходів вираховується з суми витрат на сировину і матеріали [2; 3].

Основною причиною накопичення відходів гірництва вважається недосконалість наявних технологічних процесів з переробки матеріальних ресурсів. Тому можна припустити, що їх постійне накопичення – результат якогось незакінченого процесу виробництва, а ці відходи є напівпродуктами. З розвитком науково-технічного прогресу кількість речовин, що на сьогодні називаються «відходами», буде зменшуватися, бо з'являються технології, сировиною для яких є

відходи, що утворилися раніше. У такому разі це вторинні матеріальні ресурси [3].

Донедавна в Україні не було чіткого, законодавчо затвердженого терміна «відходи» та термінів щодо визначення умов поводження з відходами. Появу юридичного визначення зумовила проблема збереження навколишнього середовища від негативного впливу відходів, який виявляється в різних формах та пов'язаний з розширенням масштабів господарської діяльності людини.

Закон України «Про відходи» регламентує певні законодавчі вимоги стосовно їх класифікації. Визначено, що відходи поділяються на ті, що не загрожують здоров'ю людини та навколишньому середовищу, та небезпечні – це ті відходи, що мають такі фізичні, хімічні, біологічні чи інші небезпечні властивості, які створюють або можуть створити значну небезпеку для навколишнього середовища і здоров'я людини, а також які потребують спеціальних методів і засобів поводження з ними.

Відповідно до ДСанПіН 2.2.7.029-99 в Україні визначено чотири класи безпеки: 1 (надзвичайно небезпечні); 2 (високо небезпечні); 3 (помірно небезпечні); 4 (мало небезпечні) [1]. Використання наявних класифікацій визначення безпеки екотоксикантів необхідне для визначення методів утилізації, знешкодження, захоронення та переробки відходів, а також щодо правил поводження з ними. При вирішенні проблем ліквідації негативного впливу відходів на навколишнє середовище виникає необхідність класифікувати їх залежно від ступеня шкоди, заподіяної природі, що допомагає встановити чергу залучення відходів у переробку.

Рівень використання промислових відходів в Україні низький і по окремих регіонах становить від 5 до 20% (у середньому 8 – 10%), а в США, Японії, Франції, Німеччині цей показник сягає 80%. У США з промислових відходів добувають понад 20% від усього алюмінію, що виробляється в країні, 33% заліза, 50% свинцю і цинку, 44% міді [4].

Важливим є аналіз позитивного іноземного досвіду. Так, гірництво Польщі розробило технологію використання гранітних відходів для виробництва легких штучних заповнювачів [2; 4]. Це дрібнозернисті відходи із зернами <0,063 мм. Лише у відходах процесів різання та полірування містилися поодинокі зерна >2 мм, і кількість цих зерен становила половину маси відходів. У розробленій технології використовується раніше мінеральна сировина замінені гранітними відходами. Ступінь заміни коливався від 30% до 100%. Результати проведених досліджень виявилися дуже корисними, оскільки сила отриманих агрегатів стала приблизно в 1,5 рази вище, ніж у заповнювачів, виготовлених тільки з використанням кремнезему. Крім того, використання гранітних відходів дало змогу

повністю виключити флюс, що значно спростило процес виробництва агрегатів. Проведені дослідження були попередніми, і автори цієї технології повідомляють, що можна досягти подальшого покращення отриманих значень, наприклад, шляхом зміни параметрів теплового процесу.

Виклад основного матеріалу

Нерудні корисні копалини мають дуже широке застосування. Вони слугують сировиною для галузей промисловості, їх використовують у будівництві, побуті та медицині (рис. 2). За запасами окремих нерудних корисних копалин (сірки, облицювального каміння, каоліну) Україна посідає провідне місце в Європі, а за запасами графіту – 2-ге в світі (поступається лише Китаю).

В Україні добре розвинута чорна металургія, яка потребує великої кількості різноманітних нерудних матеріалів. До таких матеріалів належать флюсові та доломітизовані вапняки, доломіт, вогнетривкі глини, плавиковий шпат та ін. Крім підприємств чорної металургії, їх широко використовують у багатьох галузях господарства.

Найбагатші родовища флюсових вапняків виявлено на Донбасі і в Криму, доломіта – в Донецькій (Оленівське, Микитівське родовища), Дніпропетровській та Закарпатській (район Рахова) областях. Значні родовища вогнетривких глин (Часовоярське, Новорайське та ін.) зосереджені у Донбасі і Придніпров'ї. Великим є Черкаське родовище бентонітових глин, які використовують для виготовлення форм відливання деталей машин, а також у нафтовій, харчовій, текстильній, нафтопереробній, миловарній та інших галузях промисловості. Запаси цього родовища практично невичерпні, глибина залягання – 25 м. Це родовище вважається одним з найбільших у світі [3].

В Україні є великі поклади каолінів. Вони мають високу якість та можуть використовуватися для виробництва металічного алюмінію хімічним

способом. Каоліни залягають у межах Українського щита на великих площах. Їх видобувають у Вінницькій, Запорізькій, Житомирській областях. Найбільшим у світі родовищем каолінів є Просіянівське в Дніпропетровській області. Тут потужність шару каолінів високої якості подекуди досягає 100 м; використовують його для виробництва порцеляни, як наповнювач під час виготовлення паперу, гуми тощо. Високоякісні каоліни використовують переважно для виготовлення вогнетривких виробів.

Великими є поклади різноманітної сировини для виробництва будівельних матеріалів. Щодо запасів багатьох з них (облицювальних матеріалів, пиляльних вапняків, крейди, скляних пісків тощо), Україна посідає чільне місце в Європі. Експлуатується 36 родовищ цементної сировини (гіпс, трепел, діатоміт, опока). Найбільші її поклади розташовані в Донецькій, Харківській, Львівській, Чернігівській, Рівненській, Хмельницькій областях, у Криму.

У багатьох регіонах зосереджені великі ресурси вапняків, які широко використовують як будівельні матеріали, під час виплавки металу, виробництва цукру. В Україні налічується понад 60 родовищ крейди. Основні її запаси зосереджені у Донецькій, Сумській, Луганській, Чернігівській, Харківській областях. У багатьох районах залягають скляні піски. Найбільші їх запаси виявлено у Львівській, Київській, Житомирській, Донецькій областях. У господарстві широко використовують облицювальне каміння. Великі родовища високоякісних гранітів, габро, лабрадоритів та інших матеріалів пов'язані з виходом на поверхню або неглибоким заляганням гірських порід Українського щита. Практично необмежені запаси високоякісних сіро-рожевих, сірих та червоних гранітів виявлено у Житомирській області. Поклади гранітів є у Запорізькій, Хмельницькій, Рівненській та інших областях, де вони виходять на поверхню.

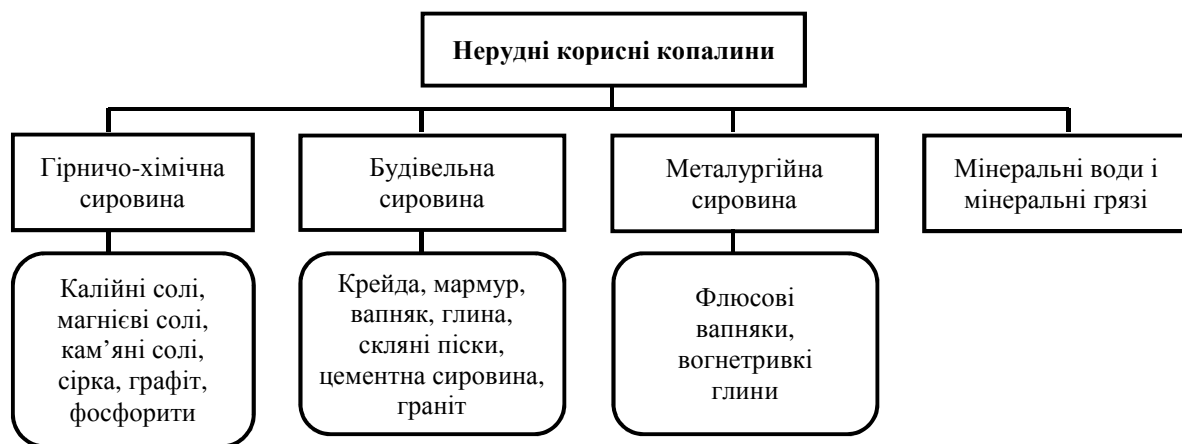


Рисунок 2 – Використання нерудних корисних копалин [1]

Широко використовують у будівництві, в т. ч. шляховому, базальти. Великі запаси їх сконцентровані в Рівненській, Донецькій, Дніпропетровській областях. У Житомирській, Запорізькій, Кіровоградській, Черкаській, Хмельницькій та інших областях є родовища лабрадоритів, їх використовують як облицювальний матеріал не тільки в нашій країні, а й вивозять за кордон. Високоякісний мрамур, мармуроподібний вапняк, туфи розробляють у Закарпатській області, у Криму, пісковик – в Івано-Франківській, Тернопільській, Львівській областях.

Активний розвиток видобутку корисних копалин призводить до одночасного виникнення техногенних родовищ. Техногенні родовища корисних копалин – це місця, де накопичилися відходи видобутку, збагачення та переробки мінеральної сировини, запаси яких оцінені і можуть мати промислове значення. Такі родовища можуть виникнути також внаслідок втрат при зберіганні, транспортуванні та використанні продуктів переробки мінеральної сировини. Техногенні родовища, згідно з [1], за джерелами утворення можна поділити на чотири основні групи і такий поділ представлено на рис. 3.

Характерними рисами техногенних родовищ є:

- їх розташування у промислово розвинених районах;
- родовища розташовуються на поверхні, і матеріал в них переважно роздроблений;
- кількість штучних мінеральних форм, що утворюються в техногенних родовищах, понад 30 000, що значно перевершує число відомих нині природних мінералів (близько 3300).

Техногенні родовища будівельних матеріалів утворюються, переважно, двома способами:

- при виконанні розкривних робіт, пов'язаних з підготовкою корінного родовища до експлуатації;
- при переробці (обробці) корисної копалини.

Відвали розкривних порід родовищ будівельних матеріалів містять також інші корисні компоненти, зокрема – глини й суглинки, які можуть використовуватись у процесі виготовлення цегли. При переробці (обробці) видобутої корисної копалини також утворюються відходи, деякі з яких, по суті, є готовими будівельними матеріалами або сировиною для виготовлення будівельних матеріалів чи конструкцій. Насамперед йдеться про найдрібнішу фракцію – підрешітний продукт, що утворюється при переробці граніту на щебінь, так званий відсів.

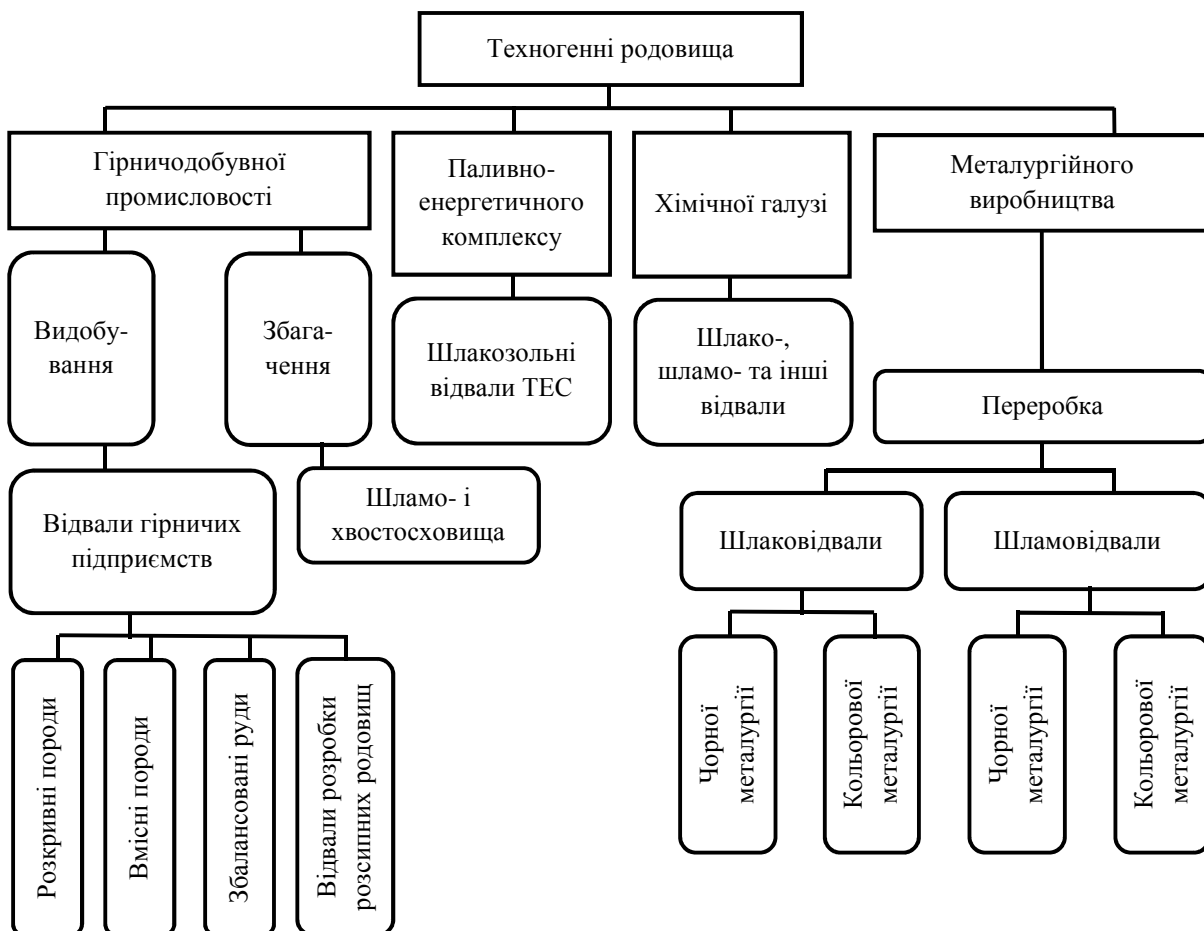


Рисунок 3 – Техногенні родовища корисних копалин [1]

Одним із найпоширеніших відходів при видобутку гірських порід є суглиниста сировина (глини). Бентоніти і бентонітові глини, що зустрічаються в цьому випадку, виділяються як матеріал, що набухає під впливом води, і характеризуються високою сорбційною здатністю [5; 6]. Застосування такого добрива є можливим для рекультиватії пісків. Бентоніти також покращують теплообмінні властивості парафін-бентонітового композиту. Це впливає з того, що бентоніти мають здатність накопичувати теплову енергію. Інший спосіб використання бентоніту – для удобрення ґрунту через утримання вологи та повільне виділення добрив. Така властивість бентоніту забезпечує безперервність дозування добрив, регулює дихання ґрунту, підвищує теплообмінний ефект і підтримує температуру ґрунту протягом ночі. Іншими словами, внесення бентоніту в поверхневий шар ґрунту не дає можливості швидкому вивільненню та виходу поживних компонентів в глибших шарах. Використання бентоніту забезпечує більшу гнучкість і покращену міцність ґрунту, а також кращу водонепроникність. Бентоніт також можна використовувати для зберігання фруктів і овочів в домашніх господарствах [6; 7].

Використовуючи методику, представлену в [14], розрахуємо ефективність життєвого циклу Δ спочатку без врахування впливу точок зміни стану системи. Розрахунок можна представити як залежність витрат Z і прибутку P від часу T його реалізації:

$$\Delta = F(P, Z, T),$$

де T – час; Z – витрати; P – прибуток.

Ефективність життєвого циклу програми Δ можна визначити, розрахувавши суму об'ємів витрат і прибутку, позначивши їх знаками ΔZ і ΔP відповідно. Отже, сума витрат, що формується на кожному етапі життєвого циклу, має різні значення і математично може бути виражена так:

$$\Delta_z = -\int_0^{T_1} \phi(T) dT - \int_{T_1}^{T_2} \phi(T) dT - \int_{T_2}^{T_3} \phi(T) dT - \int_{T_3}^{T_4} \phi(T) dT - \int_{T_4}^{T_5} \phi(T) dT - \int_{T_5}^{T_6} \phi(T) dT - \int_{T_6}^{T_7} \phi(T) dT - \int_{T_7}^{T_8} \phi(T) dT - \int_{T_8}^{T_9} \phi(T) dT - \int_{T_9}^{T_{10}} \phi(T) dT - \int_{T_{10}}^{T_{11}} \phi(T) dT.$$

Відповідно до функціонально-динамічної моделі оператор Φ діє на систему (процеси реалізації програми) із заданим оператором F (виробничою функцією), використовуючи прямі і зворотні зв'язки. Отже, оператор Φ , використовуючи частину вхідної інформації $\bar{x}(t)$ і вихідної $y(t)$, утворює механізм керуючої системи впливу на хід виконання програми.

Іншим рішенням щодо поводження з глинистими відходами є використання їх у вигляді кормової добавки. Досвід у сфері годівлі бройлерів і курей-несучок засвідчує, що додавання в корм алюмосилікатів, таких як каолін або цеоліт, позитивно впливає на продуктивність і якість ячної шкаралупи [7]. Крім того, дуже популярним є використання глини і мінералів глини у складі пестицидів. З метою підвищення ефективності пестицидів запропоновано оборотно зв'язувати пестициди на глинистих мінералах. У літературі також є дані щодо використання каоліну при вирощуванні різних рослинних культур (переважно плодкових) як засіб проти шкідників [6 – 8]. Цей природний матеріал є хімічно інертним у широкому діапазоні рН, тому токсично не впливає на тварин або рослини.

Завдяки тому, що однією з важливих властивостей глини є адсорбція та здатність взаємодіяти з іонами металів, її можна використовувати як один зі способів видалення іонів важких металів та очищення промислової та питної води [9 – 11]. Як відомо, використання пестицидів призводить до серйозних екологічних проблем. Для зниження рівня пестицидів пропонується здійснювати вилуговування в таких середовищах, як повітря та вода, а одним із можливих рішень є оборотне зв'язування пестицидів глинистими мінералами. Значна кількість досліджень була зосереджена на адсорбції пестицидів і видаленні їх із води [9 – 11].

Іншим напрямом використання відходів гірництва є виробництво кам'яного борошна для удобрення ґрунту. Ідея використання базальтового борошна походить від спостереження, що лужні та інертні вулканіти є основою для формування ідеальних, родючих ґрунтів (розташованих, наприклад, на схилах активних і неактивних вулканічних конусів). Введення базальту в легкій запиленій формі до виснаженого ґрунту приводить до комплексної «ремінералізації» ґрунтового субстрату. Крім того, базальтове борошно часто описується як таке, що покращує властивості ґрунту через відносно низький вміст мінеральних речовин (основних і мікроелементів). Чітко визначеними перевагами базальтового борошна є його нетоксичність, неможливість передозування, невмивання ґрунтовими водами, відсутність терміну придатності чи максимального терміну зберігання.

Слід зазначити, що пилові продукти з базальтових порід вважаються мікроелементними добривами завдяки великій кількості присутніх у них мікроелементів, (Mn, Zn, Cu, Mo, B, Fe, Se). Основне завдання базальтового борошна – збагачення збіднених ґрунтів мінеральними компонентами. Базальтове борошно також широко використовується в сільському господарстві, садівництві, тваринництві та дизайні саду.

Його рекомендується використовувати при вирощуванні зернових культур, овочів, а також декоративних рослин, квітів, для обробки газонів, дерев і розсадників.

Як і базальт, граніт є основною породи і має необхідний склад для вирощування більшості рослин, який не змінюється вивітрянням (ерозією). Гранітне борошно корисне на важких ґрунтах, а також на легких і піщаних ґрунтах, з низьким вмістом глинистих матеріалів. В обох випадках він підвищує водоемність ґрунтів, особливо в гумусовому шарі. Найголовнішою перевагою гранітного борошна є вміст багатьох макро-, мікро- та ультрамікроелементів, необхідних для правильного росту рослин. Крім того, гранітне борошно виконує санітарну роль, запобігаючи поширенню хвороб і шкідників, а також утримує азот у ґрунті. Гранітне борошно найкраще підходить для вирощування рослин, які люблять кислі ґрунти (наприклад, азалії, чорниці, брусниці або рододендрони), оскільки воно містить відносно невелику кількість (порівняно з базальтом) кальцію та магнію. Якщо цей недолік виправити за допомогою кальцію та/або доломіту, то гранітне борошно є придатним добривом для будь-якого вирощування.

Висновок

Техногенні родовища, у міру вдосконалення технології збагачення і відповідного устаткування, вже мають і можуть у найближчому майбутньому набути ще більшого промислового значення. Враховуючи їх негативний вплив на екологічне довкілля регіонів, їх розташування та нестачу вільних територій і коштів для будівництва нових відвалів та хвостосховищ, можна стверджувати, що вирішення питань щодо розробки техногенних родовищ набуває особливої актуальності. Ефективні технологічні схеми освоєння техногенних родовищ можуть бути розроблені за умови достовірного встановлення залежностей зміни властивостей утворених порід у часі і просторі. Враховуючи сучасний стан вивчення фізико-хімічних властивостей природних матеріалів, які є складовими техногенних родовищ, важливою задачею є пошук нових галузей їх використання. Найперспективнішою такою галуззю є екологічна інженерія.

Список літератури

1. Гнеушев В. О. Формування та розробка техногенних родовищ. Рівне: Волинські обереги, 2013, 152 с.
2. Руденко О. В. Відходи гірничо-збагачувального виробництва: особливості при визначенні їх об'єктом обліку. *Європейський вектор економічного розвитку*. 2011. № 1 (10). С. 202–207.
3. Кержаков В. І., Дериколенко О. М. Економіка використання вторинних ресурсів. Київ, 1986. 224 с.
4. Коржнев М. М., Курило М. М. Особливості геолого-економічної оцінки відходів, утворених при видобуванні переробці корисних копалин. *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. 2008. № 4. С. 24–29.
5. Мельничук В. Г., Поліщук А. М., Мельничук Г. В. Вулканічні туфи в трапах Волино-Поділля як альтернативний об'єкт для захоронення радіоактивних відходів. *Вісник НУВГП*. 2007. Вип. 5 (18). С. 107–113.
6. Косоруков П. А. Исследование минерального состава и основных характеристик сапонита Варваровского месторождения. *Энерготехнологии и ресурсосбережения*, 2011. № 3. С. 38–42.
7. Гречановская Е. Е. Метрика элементарной ячейки и Si/Al - отношение в цеолитах ряда гейландит-клиноптилолит Сокирницького месторождения (Закарпатье, Украина). *Мінералогический журнал*. 2010. № 4. С.12–23.
8. Мельничук В. Г., Мельничук Г. В., Поліщук А. М. Застосування цеоліт-сметитових туфів Волино-Поділля у екологічно-чистому виробництві. *Записки Українського мінералогічного товариства*. 2016. Том 13. С. 83–87.
9. Мельничук В. Г., Трач Ю. П., Косінов В. П., Міхель М., Речек Л. Дослідження мінерального складу і можливостей використання диспергованих базальтів та туфів івано-долінського родовища рівненської області в галузі водоочищення. *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки*. 2018. № 30. С. 36–47.
10. Трач Ю. П. Сорбція іонів Mn²⁺ природними немодифікованими матеріалами: ізотерми сорбції, нелінійний метод. *Вісник НУВГП*. 2020. № 1. С. 62–73.
11. Трач Ю. П. Точка нульового заряду та кінетика +цеолітомсокирницького родовища. *Вісник НУВГП*. 2021. № 1 (93). С. 355–369.
12. Трач Р. В. Рижаківа Г. М., Крижановський В. І. Інформаційне моделювання та концепція інтегрованої реалізації будівельних проєктів як основа інноваційного розвитку будівельного підприємства. *Управління розвитком складних систем*. 2017. Вип. 31. С. 173–178.
13. Рижаківа Г. М., Приходько Д. О., Предун К. М. Моделі цільового вибору репрезентативних індикаторів діяльності будівельних підприємств: етимологія та типологія систем діагностики. *Управління розвитком складних систем*. 2017. Вип. 32. С. 159 – 165.
14. Рижаківа Г. М., Предун К. М. Еколого-економічні імперативи біосферосумісності як інноваційний напрямок забезпечення енергетичної безпеки України. *Формування ринкових відносин в Україні*. 2020. № 1. С. 31–37.

15. Рижакова Г. М., Рижаков Д. А., Загально-методична регламентація та аналітико-інформаційне забезпечення процесами адміністрування в сучасній системі будівельного девелопменту. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2019. Вип. 55. С. 154–168.

16. Аксельрод Р. Б., Шпаков А. В., Рижакова Г. М. Економіко-управлінські предиктори трансформації операційних систем будівельного девелопменту в умовах цифровізації економіки. *Формування ринкових відносин в Україні*. 2021. № 12. С. 113–121.

17. Рижакова Г. М., Орленко І. М., Малихіна О. М. Методологічна регламентація та аналітико-інформаційне забезпечення менеджменту організацій в сучасній системі будівельного девелопменту. *Формування ринкових відносин в Україні*. 2021. № 7–8. С. 59–65.

18. Чернишев Д. О., Рижаков Д. А., Петруха С. В. Розвиток науково-методологічних та аналітичних підходів щодо вияву впливу екоінновацій на рівень організаційно-технологічної надійності будівництва. *Управління розвитком складних систем*. 2021. Вип. 47. С. 138–150.

19. Аксельрод Р. Б., Трач Р. В., Чернишев Д. О., Рижаков Д. А., Петруха С. В. Інноваційні напрями оновлення операційних систем будівельних підприємств в умовах нестабільного бізнес-середовища проекту. *Управління розвитком складних систем*. 2021. Вип. 48. С. 102–113.

Стаття надійшла до редколегії 25.09.2022

Yuliia Trach

PhD (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Water Supply, Sanitation and Drilling,

<https://orcid.org/0000-0002-3217-2451>

National University of Water and Environmental Engineering, Rivne

MINERAL EXTRACTION WASTES: CURRENT STATUS AND EXISTING WAYS OF REDUCING THEIR ACCUMULATION

Abstract. *In the process of extraction and processing of minerals, waste is always generated, and secondary products can accumulate. The waste of the mining and processing industry accounts for the largest amount of waste among all existing branches of human economic activity. The most rational area of application of by-products of mining enterprises is the industry of non-metallic building materials. This is mainly due to their relative environmental safety. Man-made deposits, as the enrichment technology and the corresponding equipment are improved, already have and may in the near future acquire significant industrial importance. Taking into account their negative impact on the environment where they are located and the lack of free territories and funds for the construction of new dumps and tailings storage facilities, it can be argued that solving issues related to the development of man-made deposits is becoming particularly relevant. Considering this, one of the possible fields of their use is environmental technologies. Ecological engineering allows the introduction of biological and chemical methods and systems that exist in nature for the study and design of engineering systems and modern approaches and technologies. Industrial ecology (IE) is the study of material and energy flows through industrial systems. The global industrial economy can be modelled as a network of industrial processes that extract resources from the Earth and transform those resources into products and services which can be bought and sold to meet the needs of humanity. Industrial ecology seeks to quantify the material flows and document the industrial processes that make modern society function. Industrial ecologists are often concerned with the impacts that industrial activities have on the environment, with use of the planet's supply of natural resources, and with problems of waste disposal. Industrial ecology is a young but growing multidisciplinary field of research which combines aspects of engineering, economics, sociology, toxicology and the natural sciences. Industrial ecology has been defined as a "systems-based, multidisciplinary discourse that seeks to understand emergent behavior of complex integrated human/natural systems". The field approaches issues of sustainability by examining problems from multiple perspectives, usually involving aspects of sociology, the environment, economy and technology. The name comes from the idea that the analogy of natural systems should be used as an aid in understanding how to design sustainable industrial systems.*

Keywords: *minerals; waste; technogenic deposits; mineral resources; ecological engineering*

References

1. Gneushev, V. O. (2013). Formation and development of man-made deposits. Rivne: Volynsky charms, 152.
2. Rudenko, O. V. (2011). Wastes of mining and beneficiation production: peculiarities in determining them by the object of accounting. *European vector of economic development*, 1 (10), 202–207.
3. Kerzhakov, V. I., Derykolenko, O. M. (1986). Economics of the use of secondary resources. Kyiv, 224.
4. Korzhnev, M. M., Kurylo, M. M. (2008). Peculiarities of the geological and economic assessment of waste generated during the extraction and processing of minerals. *Environmental ecology and life safety*, 4, 24–29.
5. Melnychuk, V. G., Polishchuk, A. M., Melnychuk, G. V. (2007). Volcanic tuffs in the Volino-Podillia traps as an alternative site for radioactive waste disposal. *Herald. NUVHP*, 5 (18), 107–113.
6. Kosorukov, P. A. (2011). Study of the mineral composition and main characteristics of the saponite of the Varvarovsk deposit. *Energy technologies and resource saving*, 3, 38–42.

7. Grechanovskaya, E. E. (2010). Unit cell metric and Si/Al ratio in zeolites of the heulandite-clinoptilolite series of the Sokirnitskoe deposit (Transcarpathia, Ukraine). *Mineralogical journal*, 4, 12–23.
8. Melnychuk, V. G., Melnychuk, G. V., Polishchuk, A. M. (2016). Use of zeolite-smectite tuffs of Volyn-Podillia in ecologically clean production. *Notes of the Ukrainian Mineralogical Society*, 13, 83–87.
9. Melnychuk, V. G., Trach, Y. P., Kosinov, V. P., Mikhel, M., Rechek, L. (2018). Research of the mineral composition and the possibilities of using dispersed basalts and tuffs of the Ivanodolinsk deposit of the Rivne region in the field of water purification. *Problems of water supply, drainage and hydraulics*, 30, 36–47.
10. Trach, Yu. P. (2020). Sorption of Mn²⁺ ions by natural unmodified materials: sorption isotherms, nonlinear method. *Bulletin of the NUVHP*, 1, 62–73.
11. Trach, Yu.P. (2021). Point of zero charge and kinetics of +zeolite from the Sokyrnytskyi deposit. *Bulletin of the NUVHP*, 1 (93), 355–369.
12. Trach, Roman, Ryzhakova, Galyna & Kryzhanovsky, Viktor. (2017). Information modeling and integrated management of the construction projects as the basis for innovative development of construction enterprise. *Management of Development of Complex Systems*, 31, 173–178.
13. Ryzhakova, Galyna, Prykhodko, Dmitry, Predun, Konstantin, Lugyna, Tatyana & Koval, Timur. (2017). Models of target selection of representative indicators of activities of construction enterprises: the etymology and typology of systems of diagnostics. *Management of Development of Complex Systems*, 32, 159–165.
14. Ryzhakova, H. M., Predun, K. M. (2020). Ecological and economic imperatives of biosphere compatibility as an innovative direction of ensuring energy security of Ukraine. *Formation of market relations in Ukraine*, 1, 31–37.
15. Ryzhakova, G. M., Ryzhakov, D. A., (2019). General-methodical regulation and analytical and information support of administration processes in the modern system of building development. *Modern problems of architecture and urban planning*, 55, 154–168.
16. Axelrod, R. B., Shpakov, A. V., Ryzhakova, G. M. (2021). Economic and managerial predictors of transformation of operational systems of construction development in conditions of digitalization of the economy. *Formation of market relations in Ukraine*, 12, 113–121.
17. Ryzhakova, G. M., Orlenko, I. M., Malykhina, O. M. (2021). Methodological regulation and analytical and information support of the management of organizations in the modern system of construction development. *Formation of market relations in Ukraine*, 7–8, 59–65.
18. Chernyshev, Denys, Prykhodko, Oleh, Akselrod, Roman, Homenko, Oleksandr, Ryzhakov, Dmytro & Petrukha, Serhii. (2021). Development of scientific-methodological and analytical approaches to the impact of eco-innovation on the level of organizational and technological reliability of construction. *Management of Development of Complex Systems*, 47, 138–150, dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2021.47.138-150.
19. Akselrod, Roman, Trach, Roman, Chernyshev, Denys, Ryzhakov, Dmytro, Petrukha, Serhii & Homenko, Oleksandr. (2021). Innovative directions of updating the operating systems of construction companies in an unstable business environment of the project. *Management of development of complex systems*, 48, 102–113. dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2021.48.102-113.

Посилання на публікацію

- APA Trach, Yuliia. (2022). Mineral extraction wastes: current status and existing ways of reducing their accumulation. *Management of Development of Complex Systems*, 51, 141–149, dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2022.51.141-149.
- ДСТУ Трач Ю. П. Відходи видобутку нерудних корисних копалин: сучасний стан та наявні способи зменшення їх накопичення. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2022. № 51. С. 141 – 149, dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2022.51.141-149.