

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ГІРНИЧО-МЕТАЛУРГІЙНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ВІДКРИТИХ ГІРНИЧИХ РОБІТ

КАРГА АРТЕМ ІГОРОВИЧ

**«Аналіз технологій відкритої розробки залізорудних родовищ з
використанням ресурсозберігаючого відвалоутворення»**

184 Гірництво
(ОПП «Відкриті гірничі роботи»)

Випускна робота
на здобуття рівня вищої освіти «магістр»

Керівник Валерій СЛОБОДЯНЮК / _____ /

Завідувач кафедри Сергій ЖУКОВ / _____ /

Кривий Ріг

2024

ЗМІСТ

Реферат	3
Вступ	5
1. Загальні питання та сучасні тенденції технології відвалоутворення при відпрацюванні залізорудних родовищ відкритим способом	7
2. Технологія внутрішнього відвалоутворення	12
2.1. Теоретичні засади технології	12
2.2. Практика застосування технології	17
2.3. Оцінка та перспективи розвитку технології	20
3. Формування техногенних родовищ	22
3.1. Теоретичні засади технології	22
3.2. Практика застосування технології	35
3.3. Оцінка та перспективи розвитку технології	43
4. Висновки та рекомендації	47
Список використаних джерел	50

РЕФЕРАТ

Карга А.І. Аналіз технологій відкритої розробки залізорудних родовищ з використанням ресурсозберігаючого відвалоутворення. Випускна роб. на здоб. другого (магістерського) рівня вищої освіти - Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2024. – 55 с.

Загальна характеристика роботи. Випускна кваліфікаційна робота на здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти складається: зі вступу, 3 розділів, які розкривають зміст роботи, висновків та рекомендацій щодо подальших досліджень, переліку наукової літератури, яку було використано при підготовці роботи.

Обсяг роботи - 55 сторінок комп'ютерного тексту, в тому числі 19 рисунків, наукових джерел – 48 найменувань.

Мета роботи полягає у пошуку наукової літератури з теми дослідження, її аналізі, узагальненні практичного досвіду для встановлення ступеня вивченості питання ресурсозберігаючих технологій відвалоутворення, а також перспектив його розвитку.

Мета дослідження дозволяє визначити його основні **завдання**:

1. Пошук та аналіз наукової літератури з питань технологій відкритої розробки залізорудних родовищ з використанням ресурсозберігаючого відвалоутворення.
2. Узагальнення технологій відвалоутворення, спрямованих на дбайливе використання ресурсів.
3. Опис стану розвитку даних технологій, їх практичного застосування, проблем та напрямків удосконалення.

Об'єктом дослідження технологічні процеси відкритих гірничих робіт.

Предметом дослідження є ресурсозберігаючі технології відвалоутворення

Методи дослідження, використані в роботі – теоретичні методи: аналіз наукових джерел та практичного досвіду, узагальнення наукової думки та практики ресурсозберігаючого відвалоутворення.

У **вступі** до роботи актуалізується питання, яке досліджується в роботі, зазначаються основні науковці, які працювали в даному напрямку.

Основна частина роботи складається з трьох частин. Перша частина присвячена загальним питанням відвалоутворення, його важливості, проблемам, які постають перед сучасним гірничим виробництвом при реалізації технологічного процесу відвалоутворення. В цій частині окреслюються два основні напрямки ресурсозберігаючого відвалоутворення, які будуть розглянуті у двох наступних частинах. Друга частина присвячена технології відвалоутворення з використанням виробленого простору. Третя частина – роздільному складуванню або ж формуванню техногенних родовищ з порід, які укладаються у відвали. Друга та третя частини складаються з огляду теоретичної складової технології, практики її застосування, а також оцінки та перспектив розвитку.

У **висновках та рекомендаціях** коротко сформульовані основні положення технологій, які досліджувались, окреслені можливі напрямки наукових досліджень.

Ключові слова: відвалоутворення, внутрішні відвали, ресурсозберігаючі технології, техногенні утворення, формування.

ВСТУП

XXI століття характеризується зростанням населення, споживання товарів і світового суспільного виробництва. Це є причиною збільшення масштабів видобутку сировини у світових масштабах, що сягає приблизно 200 млрд. т рік. Потреба в мінеральній сировині подвоюється приблизно кожні десять років, де вартість мінеральної сировини становить близько 70 % усіх природних ресурсів.

З огляду на таку тенденцію нині в Україні та в світі спостерігається тенденція зростання обсягів видобутку залізорудної сировини, переважно відкритим способом. На сьогодні у світі більше 86% залізних руд та 100% флюсової сировини видобувається відкритим способом, глибина кар'єрів сягає 400 м, а проєктована глибина 700 м. Як відомо, відкритий видобуток супроводжується переміщенням у просторі значних обсягів некондиційної (розкривної) породи, і, як правило, переміщення відбувається на зовнішні відвали.

З кожним роком гірничо-геологічні та гірничо-технічні умови відпрацювання кар'єрів відкритим способом ускладнюються. Погіршення умов пов'язане в першу чергу із стрімким збільшенням глибини кар'єрів. Із зростанням глибини кар'єрів збільшується відстань транспортування гірської маси, а також збільшується загальний обсяг складованих розкривних порід на поверхні землі. Збільшення об'ємів видобутку корисних копалин відкритим способом супроводжується збільшенням глибини і розмірів кар'єрів у плані, а також призводить до відповідного збільшення відвальних площ. За оцінкою [39] за останні 20 років відвальні площі зросли на 40 %.

Реалізація стратегії сталого розвитку передбачає вирішення нагальних екологічних проблем суспільства. У всьому світі загострюється проблема родючих земель, їх втрати та деградації. Ця проблема визнана світовим суспільством та наголошена у міжнародних документах, в тому числі і ратифікованих Україною: Міжнародна конвенція по боротьбі із

запустеленням, Agenda-21 тощо. В той же час в українському законодавстві також розроблена та прийнята ціла низка законодавчих актів, спрямованих на збереження земель: Земельний Кодекс України, Кодекс України про надра, ЗУ «Про охорону земель», ЗУ «Про екологічну мережу України», ЗУ «Про оцінку впливу на довкілля».

Одним з напрямків збереження земель при відкритому видобутку корисних копалин є впровадження ощадливих ресурсозберігаючих технологій, спрямованих зменшення негативного впливу на довкілля.

Питання, яке розглядається в цій роботі, стало особливо актуальним останні 20-30 років. Воно є об'єктом досліджень таких українських вчених як О.В.Романенко, О.О.Анісімов, А.Г.Шапар, А.Ю.Дриженко, а також К.Н.Трубецької, С.Е.Гавришев, Г.А.Холодняков та ін.

1.ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ТА СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДВАЛОУТВОРЕННЯ ПРИ ВІДПРАЦЮВАННІ ЗАЛІЗОРУДНИХ РОДОВИЩ ВІДКРИТИМ СПОСОБОМ

Нині у світі гірничодобувними галузями промисловості виймається з надр понад 200 найменувань корисних копалин, з них відкритим способом - близько 90% гірничої маси. Загальна кількість переміщеної з надр гірської маси перевищує 100 млрд. т. Вже зараз кар'єри при відкритому видобутку мінеральної сировини, в тому числі в Україні, мають глибину понад 300 м. У найближчій перспективі буде досягнуто глибин кар'єрів понад 700 м. Результатом такого впливу є утворення техногенних масивів штучно сформованих тіл, представлених гірськими породами, відходами збагачення, шламами, що здійснюють велике екологічне навантаження на довкілля.

Негативні наслідки гірничого виробництва з відкритим способом видобутку особливо виявляються у формуванні великої кількості зовнішніх відвалів розкривних порід, які займають до 70% земної поверхні, яка порушується кар'єрами. Крім того, прилеглі до відвалів площі піддаються забрудненню та зневодненню, утворенню депресійних воронок. Вже сьогодні техногенне навантаження на довкілля значне, а використання традиційних технологій відкритої розробки призведе в майбутньому до ще більшого техногенного навантаження на навколишнє середовище. Не слід забувати про те, що під відвали відчужуються зони з високорозвиненим сільським господарством. За різними оцінками у відвалах гірничодобувних підприємств України накопичилось до 30 млрд.т розкривних та скельних порід, які займають більше 130 тис.га родючих земель (чорноземів), з них тільки в Кривбасі близько 6 млрд.т., розташованих на площі майже 4 тис.га [4].

За даними [2] під розміщення кар'єрів та зовнішніх відвалів розкривних порід для гірничодобувних підприємств відводять тисячі гектарів земель. Наприклад, у Кривбасі загальна площа кар'єрів становить

понад 4 тис. га., відвалів понад 6 тис. га. У відвалах з часів експлуатації родовищ Кривбасу накопичено понад 3 млрд. т. відходів видобутку та збагачення залізних руд, а також близько 3,5 млрд., куб. м. порід розкриву.

За даними [3] щорічний обсяг твердих відходів гірничодобувної промисловості становить близько 0,6 млрд.куб.м. Близько 8,6 млрд.куб.м твердих відходів розміщено на площі розміром понад 50 тис.га, з цієї кількості близько 0,12 млрд.куб. м (1,4%) щорічно використовується у якості будівельних матеріалів та для виробництва мінеральних добрив, а решта продовжує залишатись у відвалах.

Численні дослідники стверджують, що технологічні особливості гірничого виробництва, його надвеликі обсяги та територіальна поширеність зумовлюють високий рівень шкідливого впливу на навколишнє природне середовище. По-різному це вплив впливає на літосферу, повітряний та водний басейни, тваринний та рослинний світ. Створення техногенних ландшафтів у вигляді відвалів розкритих порід призводить до забруднення навколишнього середовища, зміни ґрунтів, поверхневих вод, порушенню природної рівноваги в рослинному та тваринному світі, забрудненню атмосферного повітря. Наприклад, у Кривбасі токсичні елементи відвалів потрапляють до місцевої річки Інгулець та через Дніпро скидаються у Чорне море. Породні відвали на 15-20% знижують врожайність культур, які вирощуються на прилеглих територіях.

Гірничу галузь неможливо розвивати, якщо не враховувати її техногенний вплив на довкілля. Дуже часто вимоги виробництва і екології є суперечливими. Тому задача науковців та виробничників полягає в тому, щоб знайти і дотриматися розумних компромісів між технологією, економікою та екологією.

Найбільшої шкоди під час ведення відкритих гірничих робіт завдається земній поверхні. Проблема створення екологічно безпечного гірничого виробництва вимагає вирішення, в першу чергу, питання раціонального землекористування. Інші фактори техногенного впливу

вторинні та кількісно менш значущі. Як вже зазначалось, при відкритих гірничих роботах великі земельні площі відчужуються під відвали розкривних порід. Вважається, що розкривні породи зовнішніх відвалів займають близько 30 % земельних відводів гірничо-збагачувальних комбінатів, в той час як на безпосередньо на площу самого кар'єру доводиться близько 15 % [4]. В зв'язку із ситуацією, яка з року в рік погіршувалась, у 2004 році Мінпромполітики України затвердило та ввело в дію «Положення про проектування внутрішнього відвалоутворення та складування відходів виробництва в залізородних і флюсових кар'єрах» [6], в якому прописані заходи (організаційні, правові, технологічні), спрямовані на використання відробленого простору кар'єрів для складування відходів гірничого виробництва. Зазначається, що реалізація комплексу таких заходів дозволяє в 3–5 разів скоротити відстань транспортування розкривних порід, а головне - на 70 % зменшити потребу у відведенні землі під формування зовнішніх відвалів, а також до 20 % зменшити витрати енергетичних і матеріальних ресурсів, до 40 % зменшити викиди газів та запиленість.

Розглянемо, які бувають відвали. Їх класифікують за різними ознаками: (рис.1)



Рис. 1. Класифікація відвалів розкривних порід

Аналізуючи дану класифікацію можемо окреслити деякі можливі напрямки дослідження щодо ресурсозберігаючого відвалоутворення.

За місцем формування відвали розрізняють на внутрішні та зовнішні. З огляду на значні об'єми розкривних порід зрозуміло, що під відвали необхідні значні площі, а внутрішні відвали – інша справа, породи повертають у кар'єрний простір, вони не займають місця за межами кар'єру, а також частково вирішують проблему рекультивації. Не можливо не погодитись, що внутрішнє відвалоутворення є ресурсозберігаючим, оскільки така технологія зберігає земельні ресурси.

Існує велика кількість досліджень та технологічних рішень щодо формування внутрішніх відвалів на вугільних розрізах та інших пластових родовищах незначної глибини та кута падіння покладу. Але щодо рудних крутоспадних покладів мають бути інші рішення – технологічно більш складні та економічно вартісні.

Підсумовуючи вищесказане про сучасний стан розвитку технології відвалоутворення слід зазначити:

- кількість відходів гірничого виробництва, які укладаються у породні відвали, зростає з року в рік. Це негативним чином позначається на навколишньому середовищі;
- зростають площі плодородних земель, зайнятих під відвали.
- збільшення глибини гірничих розробок підвищує транспортні витрати на перевезення розкривних порід, що негативним чином позначається на собівартості продукції та конкурентної спроможності підприємства;
- валове складування розкривних порід, які є потенційними корисними копалинами, не відповідає раціональному та далекоглядному підходу в діяльності людини. В майбутньому ці породи зможуть розширити ресурсну базу підприємств.

Огляд наукової літератури за темою дослідження дозволяє зробити висновок, що відвалоутворення розкривних порід на розрізах — ресурсомістка та екологічно незбалансована складова видобутку корисних копалин відкритим способом. За різними оцінками витрати на цей технологічний процес складають до 25 % від собівартості 1 м³ розкриву,

вилучення земельних угідь (які в Україні є здебільшого чорноземами) складає до 42 га на 1 млн. т видобутку корисної копалини. До того ж відвали розкривних порід є постійним джерелом забруднення довкілля. Найбільший негативний вплив спостерігається при формуванні зовнішніх відвалів. У числі пріоритетних напрямів зниження негативних наслідків відкритого видобутку корисних копалин є вирішення проблеми стрімкого збільшення об'ємів порід, які укладаються у відвали та протягом довгих років зюерігаються в них.

Попередній аналіз наукових джерел дозволяє сформулювати два напрямки даного дослідження:

1. Ресурсозберігаюче відвалоутворення з використанням **виробленого простору** – технологія внутрішнього відвалоутворення.
2. Формування **техногенних родовищ** з порід розкриву, селективне складування.

2.ТЕХНОЛОГІЯ ВНУТРІШНЬОГО ВІДВАЛОУТВОРЕННЯ

2.1.Теоретичні засади технології

Як вже зазначалось вище, найбільше на довкілля впливають зовнішні відвали порожніх порід, які займають до 70 % порушеної кар'єрами земної поверхні. Крім того, прилеглі до відвалів площі піддаються забрудненню та зневодненню, появі депресійних воронок. Все вищезазначене підкреслює актуальність пошуку нових та удосконаленню існуючих способів ресурсозберігаючого відвалоутворення розкривних порід.

У доповіді [12] фахівці Кривбаспроект обґрунтовують необхідність пошуку нових рішень та запровадження ощадливих гірничих технологій, оскільки техніко-економічні показники роботи сучасних гірничо-збагачувальних підприємств постійно погіршуються, в першу чергу в зв'язку із значним зростанням за останні десятиліття глибини кар'єрів, яка на сьогодні сягає 500 м при проєктних 600-700 м і більше. Оскільки у структурі собівартості видобутку руди на сучасних кар'єрах до 40 % складають витрати на транспортування гірничої маси, то внутрішнє відвалоутворення може стати рішенням, яке дозволить скоротити витрати на відпрацювання родовища за рахунок меншої собівартості переміщення розкривних порід. Разом з тим, ресурсозберігаюча технологія внутрішнього відвалоутворення дозволяє зменшити площі відчужених земель під зовнішні відвали, а також сприяє покращенню екологічної ситуації в прилеглих районах за рахунок значного скорочення пилювання відвалів.

У питанні удосконалення технології відкритих гірничих робіт із застосуванням внутрішнього відвалоутворення виконано значний комплекс науково-дослідних та практичних робіт. Коли ця технологія лише почала запроваджуватись, то застосовувалась при відпрацюванні пологих або горизонтальних родовищ невеликої потужності з постійним складуванням розкривних порід. Пізніше було запропоновано технологічні схеми з

тимчасовим розташуванням порід розкриву, що зробило можливим застосовувати цю технологію і для глибоких кар'єрів.

Розробка і впровадження технологій з внутрішнім відвалоутворенням є сьогодні надзвичайно актуальною науково-практичною задачею, результатом якої може стати збереження тисяч гектарів родючих земель у зоні видобутку.

У статті [5] автори стверджують, що технологія внутрішнього відвалоутворення має цілу низку переваг та дозволяє:

- Підвищити ефективність надрокористування при відпрацюванні кар'єрів глибиною більше 300 м.
- Забезпечити раціональне використання земельного фонду, а також відновлення природного ландшафту шляхом засипання ярів, балок.
- Досягти зниження енергоємності виробництва та екологічної чистоти технології відкритих гірничих робіт при відпрацюванні глибоких горизонтів кар'єрів.

Науковці з ІГТМ [11] зазначають, що формування внутрішніх відвалів у кар'єрах дозволяє знизити собівартість сирової руди за рахунок скорочення витрат на транспортування розкривних порід у зовнішні відвали. Для глибоких кар'єрів рішенням є формування тимчасового внутрішнього відвалу на тимчасово неробочому борту кар'єру, що дозволяє раціонально використовувати простір і переміщати відвал, уникаючи консервації запасів. При цьому автори наголошують, що ще одним питанням, яке потрібно вирішувати при внутрішньому відвалоутворенні є безпека робіт.

Довгий час внутрішнє відвалоутворення не знаходило належного застосування на глибоких кар'єрах обмеженої довжини, якими у переважній більшості є залізородні кар'єри. На таких кар'єрах, за даними [14] ресурсозберігаюча технологія внутрішнього відвалоутворення використовується за остаточним принципом. Область застосування внутрішнього відвалоутворення на крутоспадних родовищах обмежується видовженими покладами довжиною більше 5 км, з середнім коефіцієнтом

розкриву більше 2 м.куб/м.куб, зі значною потужністю наносів (більше 30 м), в районах з високою вартістю земель з відносно невисокою цінністю корисних копалин, максимальною глибиною розробки до 250 м, а також у випадку дорозробки нижніх горизонтів глибоких кар'єрів. Аналізуючи сферу застосування внутрішнього відвалоутворення робимо висновок, що на більшість складових області застосування технології впливати не можна (геологія родовища), а от вартість земель напряду впливає на прийняття рішення щодо впровадження ощадливих технологій. Чим дорожче буде коштувати земля під відвали, тим швидше буде відбуватись перехід до внутрішнього відвалоутворення там, де це можливо реалізувати.

У своїх роботах [13,14] науковці вважають внутрішнє відвалоутворення одним з перспективних технологічних рішень, спрямованих на збереження ресурсів при відкритому видобутку мінеральної сировини. За їх спостереженнями внутрішнє відвалоутворення широко застосовується у вугільній промисловості, де на окремих пологих родовищах воно становить основний обсяг складованих розкривних порід. Однак, на їхню думку, ця технологія не знаходить належного застосування при розробці глибокозалягаючих родовищ крутого падіння відносно невеликої довжини (до 800 – 1000 м), до яких належить більшість родовищ рудної та нерудної мінеральної сировини. Істотною перешкодою для використання даної технології на крутоспадних родовищах є великі обсяги додаткового рознесення бортів для розміщення додаткових розкривних виробок. За їхніми оцінками при суцільних системах розробки необхідність облаштування напівстаціонарних з'їздів та горизонтальних транспортних майданчиків, що забезпечують вантажотransпортний зв'язок робочих горизонтів з поверхнею та внутрішнім відвалом становить не менше 30 – 35 % загальних обсягів розкривних порід у межах кар'єрів [13, 14]. У разі застосування поглиблювальних систем розробки обсяг вторинних розкривних виробок також сягає 12 - 15% загальних обсягів розкривних робіт. Витрати на додатковий рознесення бортів досягають 12 - 16% від загальних витрат на

розробку родовища. Дослідженнями встановлено, що мінімальна довжина дна кар'єра, що дає можливість ведення робіт з внутрішнім відвалоутворенням при розробці глибокозалягаючих крутоспадних родовищ, перевищує 1000 м. Підвищення ефективності та розширення сфери застосування внутрішнього відвалоутворення при крутому падінні покладів корисних копалин потребує пошуку способів зменшення обсягів додаткового рознесення бортів для розміщення розкривних виробок. На думку авторів одним із таких способів є збільшення керованого ухилу розкривних виробок, а також застосування транспортних засобів, здатних долати круті ухили, наприклад фронтальні навантажувачі, автосамоскиди з шарнірно-зчленованими рамами тощо.

Поряд з проблемою рознесення бортів існує ще необхідність поділу кар'єрного простору на кар'єр першої та другої черги. При цьому кожна черга має бути забезпечена своїми розкривними виробками, тобто при використанні внутрішнього відвалоутворення необхідно будівництво двох систем розкривних виробок, що пов'язано з додатковим рознесенням бортів. Як показують дослідження, це призводить до погіршення економічних показників роботи кар'єру та обмеження сфери застосування технології внутрішнього відвалоутворення [13,14].

Вирішення вищезазначених проблем має ґрунтуватись на комплексному підході з урахуванням взаємозв'язку техніки та технології гірничих робіт як єдиного цілого. Одним з рішень може розміщення розкривних виробок на спеціально створених з цією метою тимчасово неробочих бортах, а також формування насипних з'їздів (рис. 2).

Коротко сутність цього підходу полягає в одночасному з відпрацюванням запасів кар'єру першої черги будівництві в межах кар'єру другої черги проміжного кар'єру з тимчасово неробочими бортами, призначеного для розміщення на його бортах з'їздів, які забезпечують розкриття верхніх горизонтів кар'єру першої черги. Розкриття середніх горизонтів кар'єру першої черги здійснюється за допомогою крутопохилих

з'їздів, що розташовуються на борту кар'єру, який розділяє кар'єри першої та другої черг. Розкриття найнижчих горизонтів проводиться за допомогою поздовжніх крутопохилих з'їздів.

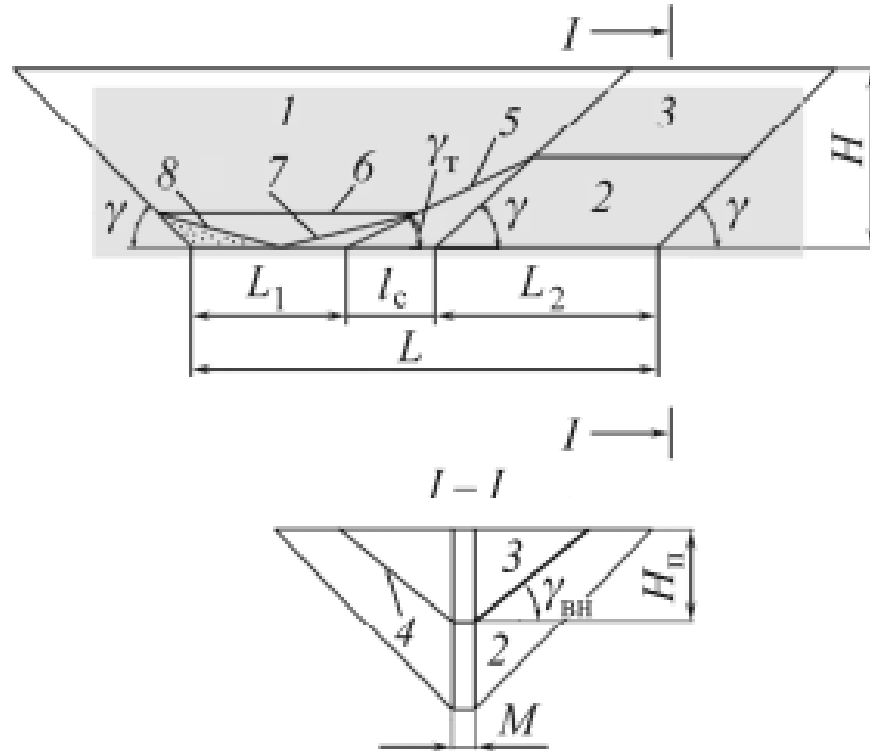


Рис. 2. - Схема розробки родовища з розміщенням розкривних виробок на тимчасово неробочих бортах: 1 - кар'єр першої черги; 2 - кар'єр другої черги; 3 - проміжний кар'єр; 4 - тимчасово неробочий борт; 5 - транспортний борт; 6 — крутопохилий поздовжній з'їзд; 7 - насипний з'їзд; 8 - запобіжна берма

На основі статистичних досліджень [13,14] великої кількості варіантів (близько 80) запропонованого способу формування кар'єрного простору було встановлено, що основним критерієм визначення області застосування технології внутрішнього відвалоутворення є параметр «довжина кар'єру». Величина цього параметру залежить від ряду інших: потужності корисних копалин, глибини основного і проміжного кар'єрів, ухилу розкривних виробок, тощо. Можливість і доцільність застосування внутрішнього відвалоутворення в конкретних гірничо-геологічних умовах може бути встановлена на основі ретельного техніко-економічного обґрунтування з урахуванням значущості основних факторів (параметрів). Розглядалися

випадки, коли у певних умовах може бути доцільним та виправданим застосування технології внутрішнього відвалоутворення з організацією у межах кар'єрного поля тимчасових відвалів розкривних порід.

Параметри внутрішніх відвалів встановлюються на основі фізико-механічних властивостей порід, що складають відвал, та його основи, способу відвалоутворення, величини коефіцієнта запасу стійкості борту кар'єру тощо [5].

Розглядаючи позитивні сторони внутрішнього відвалоутворення, автори [10] зазначають, що реалізація даної технології супроводжується постійними деформаціями відвалу. Характер деформацій східчастий, що оскільки нарощування його висоти і ширини відбувається пошарово. В зв'язку з цим існує необхідність у безпосередньому контролі процесом відвалоутворенням маркшейдерською службою кар'єру. Хоча слід зазначити, що зсувні та деформаційні процеси відбуваються і на зовнішніх відвалах, хоча менші за інтенсивністю.

2.2. Практика застосування технології

Частинним випадком технології внутрішнього відвалоутворення є засипка вже відпрацьованих відвалів. Прикладом реалізації такого рішення є досвід засипання кар'єру №1 НКГЗК (АселорМіттал Кривий Ріг), в якому розміщений розкрив з діючого кар'єру 2-біс. Проєкт ПВДЕНДІПРОРУДИ передбачав заповнення виробленого простору відпрацьованої частини кар'єру на південному сході у три яруси висотою у 60 м кожен, сумарно 180 м. Для формування двох верхніх ярусів було необхідно пройти капітальну напівтраншею шириною 20 м і укласти залізничні шляхи. Для цього необхідно було рознести борт кар'єру на 40 м, гірничо-підготовчі роботи тривали б 4 роки та їх обсяг склав би 3,8 млн м³. Завдяки рекомендаціям Дніпропетровського гірничого інституту було скорочено обсяги робіт, та спрощено організацію внутрішнього відвалоутворення [7].

Засипку відпрацьованого кар'єру відбувалась застосуванням екскаваторів ЕКГ-6,3УС, залізничного транспорту (рис. 3).

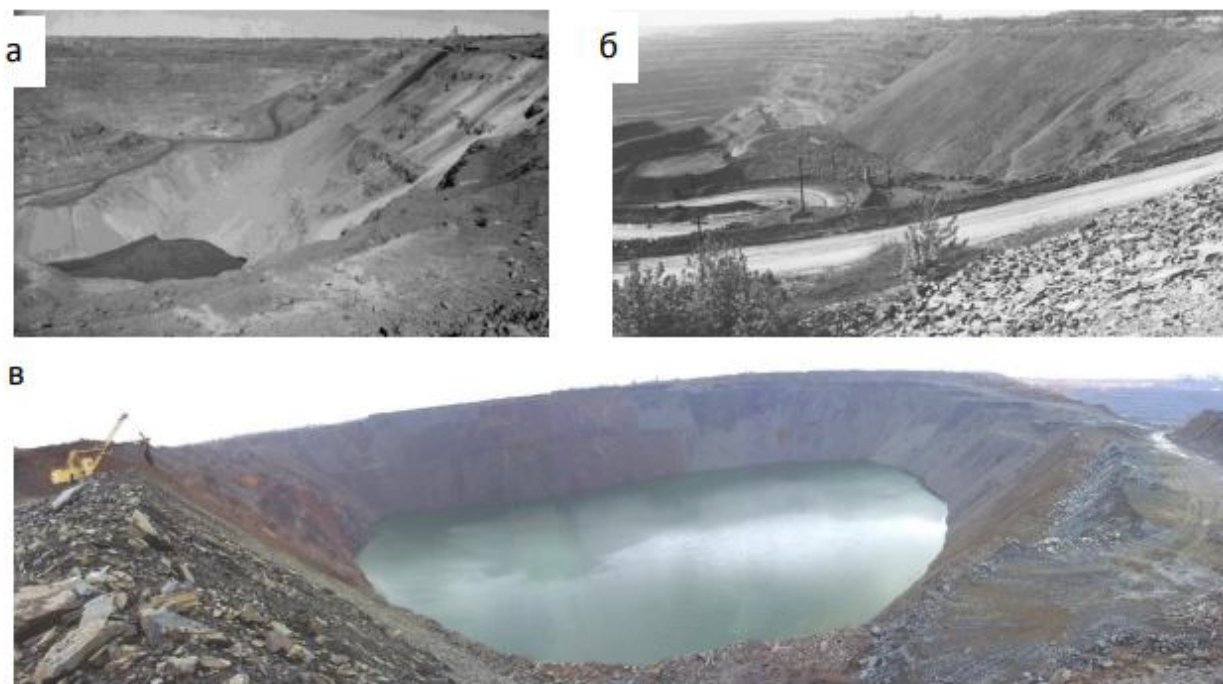


Рис.3 - Засипка виробленої ділянки кар'єру №1 НКГЗК скельними породами розкриву в 1979 р. (а), в 1983 р. (б), в 2017 р. (в)

Як видно з рисунку 3 на даний момент у виробленому кар'єрі № 1 відсипано внутрішній відвал по всьому його контуру, а дно кар'єру затоплене.

В роботі [10] детально розглядається та обґрунтовується технологія внутрішнього відвалоутворення для кар'єру Полтавського ГЗК. Необхідність розгляду та впровадження такого рішення є зменшення ємностей зовнішніх західного й східного відвалів. Основною ідеєю застосування внутрішнього відвалоутворення є раціональне використання земельних ресурсів, а також зниження транспортних витрат, а отже і собівартості видобутку корисної копалини. Пропонується здійснювати доставку розкривних порід на внутрішній відвал автомобільним транспортом. При формуванні внутрішнього відвала застосовувати бульдозери та екскаватори. Формування внутрішнього відвалу планується здійснювати у 4 етапи. Підрахунок об'ємів розкривних порід, що розміщують у внутрішні відвали на кожному етапі

здійснювався за допомогою методу вертикальних перерізів у програмі Kmine. Поетапне формування відвалу видно на (рис. 4).

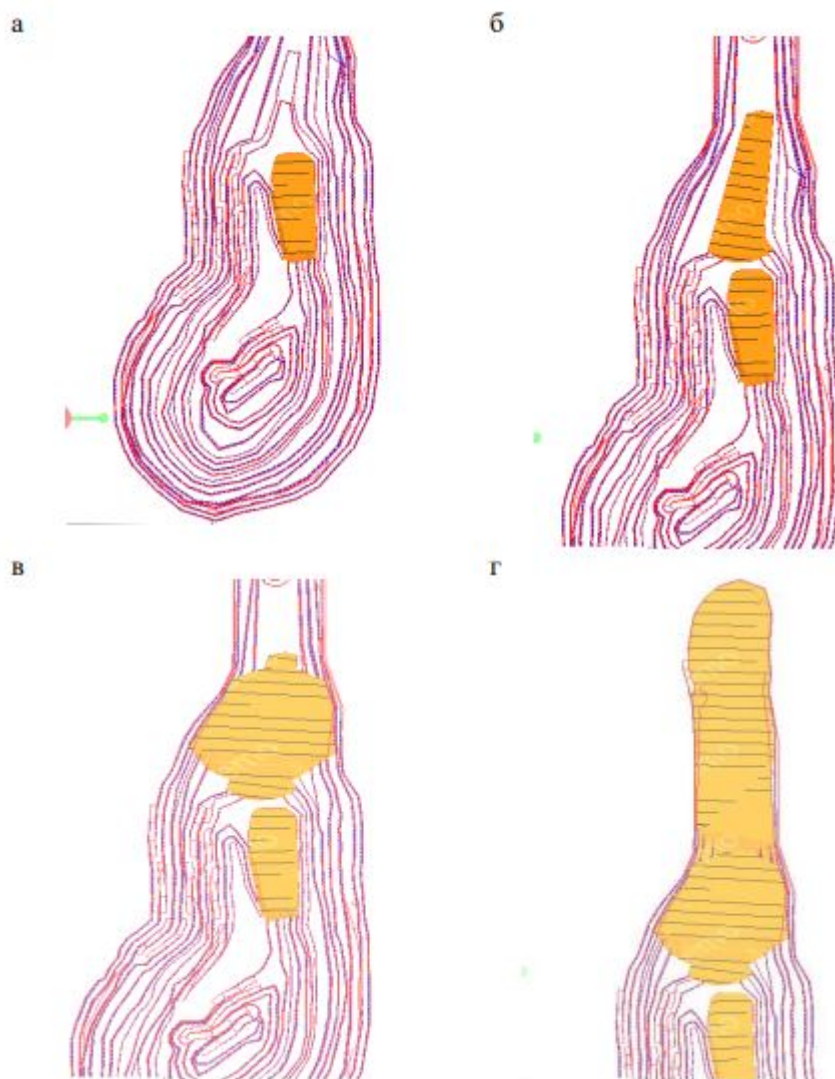


Рис. 4. - Етапи формування внутрішнього відвала кар'єру Полтавського ГЗК: а – 1 черга, б – 2 черга, в – 3 черга, г – 4 черга

На першому етапі формується відвал 1 (рис.4, а) у центральній частині кар'єру. Його довжина 855 м, висота – 160 м. На другому етапі (рис.4, б) засипається центральна частина виробленого простору на південь від відвалу, сформованого на етапі 1. Його довжина 1215 м, висота – 90 м. На третьому етапі (рис.4, в) внутрішній відвал формується з поверхні кар'єру в межах другого етапу. Довжина відвалу становить 626 м, висота – 130 м. Четвертий етап формування відвалу (рис.4, г) – його розвиток від відвалу 3 етапу у напрямку на південь. Довжина відвалу 2150 м, висота – 145 м. Потім розвиток відвальних робіт відбувається в північному напрямку (рис. 5).

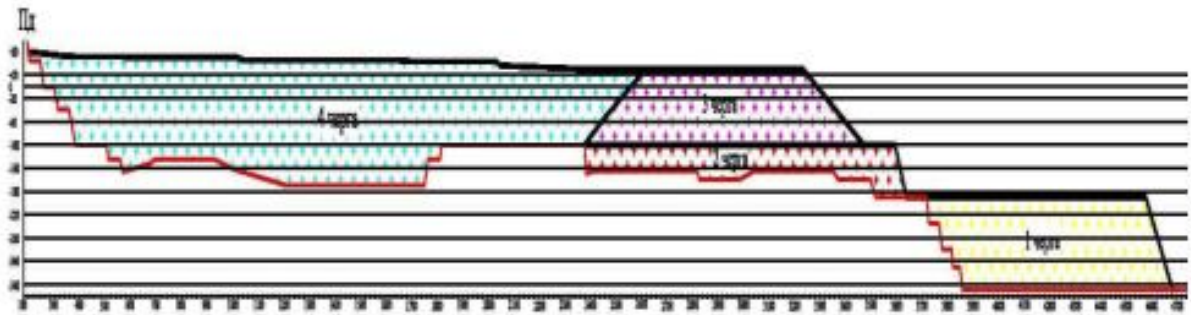


Рис. 5. - Поздовжній розріз кар'єру з внутрішнім відвалом після проведення 1-4 етапів.

2.3. Оцінка та перспективи розвитку технології

Аналіз наукових джерел та практики внутрішнього відвалоутворення на глибоких крутоспадних залізородних кар'єрах дозволяє сформуванати оптимістичний прогноз щодо розвитку даної технології та розширення області її застосування.

Відомо, що всі родовища корисних копалин унікальні, та не може бути універсального технологічного рішення для всіх родовищ. Однією із задач науковців вважаємо обґрунтування технології внутрішнього відвалоутворення, яка б могла бути застосована для родовищ з будь-якими гірничо-геологічними умовами. Зрозуміло, що будуть певні відмінності у реалізації технології на кожному з родовищ, але рішення мають бути знайдені для всіх родовищ, оскільки економічний та екологічний зиск внутрішнього відвалоутворення значний.

Здебільшого в науковій літературі при описі технології внутрішнього відвалоутворення йдеться про економічний зиск, який полягає у суттєвому зменшенні відстаней транспортування розкривних порід. По кар'єрах Кривбасу скорочення відстаней спостерігалось на 1000 м (Ганнівський кар'єр), на 3161 м (Першотравневий кар'єр) до Оскільки питання розвивається давно, ще з часів СРСР, то тоді дійсно не надавали такого значення ресурсозбереженню та ощадливому використанню ресурсів. Екологічний бік питання проявився пізніше і полягає в можливості не тільки

зменшити відстані транспортування розкривних порід, а й площі, зайняті відвалами. Також це дозволить значною мірою вирішити проблему рекультивації. Наприклад, внутрішнє відвалоутворення на Інгулецькомі гірничо-збагачувальному комбінаті дозволило скоротити відвальні площі на 806 га.

Оскільки в наші часи змінюється законодавство щодо земельних ресурсів, то технологія внутрішнього відвалоутворення буде перспективною і економічно вигідною.

3. ФОРМУВАННЯ ТЕХНОГЕННИХ РОДОВИЩ

3.1. Теоретичні засади технології

На жаль, жодне сучасне виробництво не обходиться без відходів різного роду, які не можуть бути використані зараз, і їх доводиться десь складувати з думкою про те, що колись вони стануть у нагоді, а найчастіше — щоб не заважали і по можливості не займали багато місця. Не є виключенням і гірниче виробництво з відкритим видобутком. Переважна більшість корисних копалин є за своїм складом полі компонентними (комплексними), але за рідкісними винятками вони розробляються за основною моносировиною. При цьому всі інші компоненти, що містяться в рудах і вміщуючи породах, кількість яких сягає 20% відсотків, потрапляють у відходи, що складуються переважно у відвали. Весь матеріал цих відвалів є вторинними мінеральними ресурсами, які часто містять дуже цінну сировину [15]. На думку [22] сумарний вміст корисних компонентів, що накопичуються в техногенних родовищах за 20-30 років, порівняно, а іноді і перевищує їхню кількість у рудах, що щорічно видобуваються. Тому дуже важливим є підхід, коли поряд з вилученням основного компоненту відбувається промислове освоєння або ж раціональне складування відходів гірничого виробництва. Іншими словами, якщо зараз освоювати розкриті породи немає можливості чи потреби, то необхідно зберегти їх на майбутнє належним чином.

Техногенні родовища, що з'явилися в останні десятиліття, є результатом інтенсивного розвитку гірничодобувної промисловості. Вони є скупченнями мінеральних речовин на земній поверхні або в гірничих виробках, та являють собою відходи гірничого, збагачувального, металургійного та інших виробництв і можуть бути придатними за кількісними та якісними показниками для промислового використання у міру розвитку технології його переробки та зміни економічних умов. Отже,

економічні умови змінюються, удосконалюються технології, що робить можливим використання закладованих раніше відходів.

Ще у 1984 році академік М. І. Агошков при аналізі поняття «ресурси земних надр», виділяв 6 таких груп [16]:

I група - родовища корисних копалин однорідного та комплексного складу.

II група - відвали розкривних гірських порід;

III група - відходи збагачувального і металургійного виробництва: відвали хвостів та рудовмісних пісків, відвали металургійних шлаків;

IV група - глибинні джерела прісних, мінеральних та термальних вод;

V група - тепло надр Землі;

VI група - природні та техногенні порожнини в земних надрах.

Аналізуючи дану класифікацію, бачимо, що дві з цих груп (II та III) представлені відвалами відходів гірничодобувної та гірничо-переробної промисловості. Ці ресурси є вторинними мінеральними ресурсами, а оскільки їх походження пов'язане з діяльністю людини, то місця їх скупчення називається техногенними родовищами.

В літературі доволі багато визначень поняття «техногенне родовище». Формуватись це поняття почалося у науковій літературі ще за радянських часів, потім постійно доповнювалось та розширювалось. На самому початку його використання під техногенним родовищем розумівся відвал розкривних порід, розташований на поверхні, потім в це поняття включили і відходи збагачувального та металургійного переділів. В нашій роботі ми будемо розглядати аспект поняття, пов'язаний із складуванням відходів гірничого виробництва, тобто відвалоутворення. До речі, у науковій літературі зустрічається поняття «селективне складування», що в принципі являє собою формування техногенного родовища.

Кодекс України «Про надра» дає таке визначення техногенним родовищам: «Техногенні родовища корисних копалин - це місця, де накопичилися відходи видобутку, збагачення та переробки мінеральної сировини, запаси яких оцінені і мають промислове значення. Такі родовища

можуть виникнути також внаслідок втрат при зберіганні, транспортуванні та використанні продуктів переробки мінеральної сировини» [20].

У статті [38] зазначається, що техногенні родовища містять як загрозу фактом свого існування, так і можливість для подальшого використання.

Якщо зануритись в історію цього питання, то зрозуміємо, що у 80-х роках це питання з'явилося у гірничій науці в першу чергу з економічних міркувань. Економіці СРСР були необхідні революційні та ефективні рішення з метою вирішення економічної кризи, яка поглиблювалась в країні. Трохи згодом наперед вийшов і екологічний аспект, тому що грамотне формування техногенних родовищ відповідає концепції ресурсозбереження, оскільки сприяє збереженню надр, відновленню земельних угідь та знижує рівень забруднення навколишнього природного середовища. Ці позитивні ефекти і стали причинами підвищеної уваги до проблеми формування та освоєння техногенних родовищ.

Слід констатувати, що поява техногенних родовищ є результатом інтенсивного розвитку гірничодобувної та переробної промисловості. Техногенні родовища є класом родовищ, що сформувалися в районах гірничої промисловості та мають своєрідний мінеральний склад і є потенційним джерелом різноманітних корисних копалин, зокрема кольорових, рідкісних і благородних металів, а також будівельних матеріалів (щебінь, пісок, гравій тощо). В останній якості вони зараз переважно і застосовуються.

Більшість розвинених країн здійснюють політику ресурсозбереження, інтенсивно залучаючи до переробки техногенні родовища, що дає змогу утилізувати відходи виробництва та отримати додаткову сировину, розробляючи нові та удосконалюючи існуючі технології переробки відходів. У США ще у 1993 року частка вторинної сировини у виробництві кольорових металів складала від 25% до 55%. Схожа тенденція спостерігається у Іспанії, Канаді, ПАР, Великобританії, Фінляндії, Франції тощо [17, 44]. У розвинених індустріальних країнах світу рівень

використання промислових відходів, в тому числі породних відвалів сягає 70-80%, тоді як в Україні він не перевищує 12-15% [23, 24, 44] (рис.6).

За даними Державної служби геології та надр України статус техногенних родовищ мають 13 об'єктів на території України, з них розробляється лише 1, всі інші умовно зараховані до категорії потенційних родовищ та техногенних проявів.

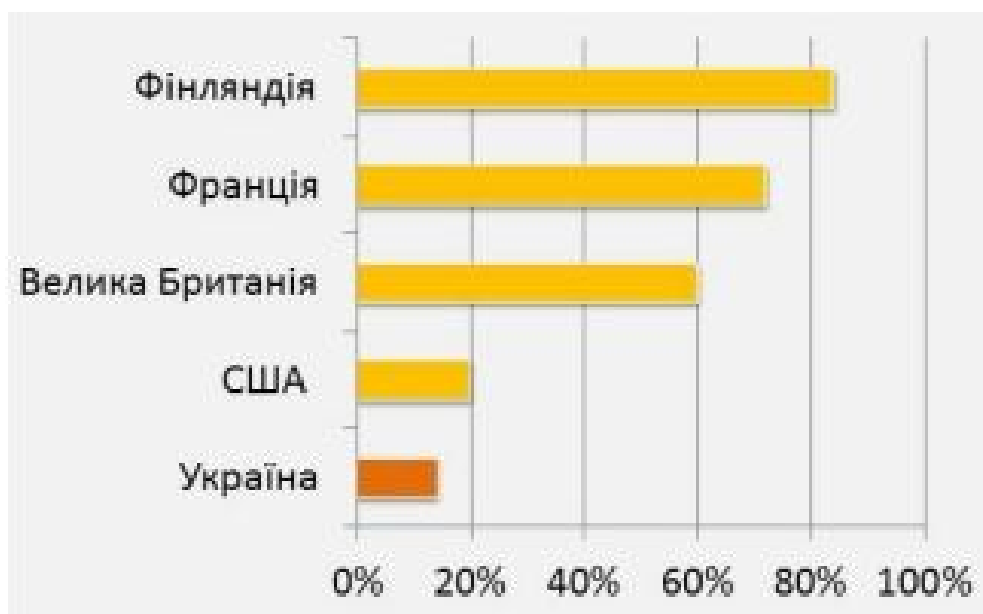


Рис. 6 – Рівень використання сировини техногенних родовищ у деяких країнах [44]

В якості найяскравіших прикладів наведемо такі:

1. У Південно-Африканській республіці з відвалів фабрик по видобутку золота при його вмісті на рівні 0,53г/т одержують біля 3,5 т золота рік.
2. У Канаді у відходах міднорудних підприємств міститься 0,45% міді, сучасні технології дозволяють вилучати 40% міді способами збагачення (кислотного, піритного та бактеріального вилуговування).
3. У Болгарії на аналогічних підприємствах з відходів, що містять 0,1-0,15% міді, успішно отримують мідний концентрат, собівартість якого в 3 рази нижча, ніж при отриманні його із природної сировини.
4. У США у штаті Монтана з відвалів копальні Мандискі отримують щороку 2 т золота та 4т срібла при вмісті у відвалах золота – 0,84 г/т та

срібла – 2,8г/т. У штаті Мічиган з хвостів збагачення, що містять 0,3% міді, досягнуто її вилучення близько 60% .

Однак і в промислово розвинених країнах не все вирішено у частині використання розкривних порід. Наприклад, на сході німецької землі Гессен розташовується гора Монте Калі (рис. 7), яка являє собою відвал хлориду натрію (звичайної кухонної солі). В процесі видобутку поташу на виході виходить суміш поташу та хлориду: на кожен тону поташу припадає кілька тонн кухонної солі. Поташ виймається та використовується, а хлорид натрію вважається відходом. Техногенне утворення почало формуватися ще 1973 р., на 2014 рік воно було понад 200 м заввишки, займало площу 93 гектари. Монте Калі містить близько 188 млн. т солі, щороку збільшуючись на 6.4 млнт. Хлорид натрію забруднює ґрунт, річки та підземні води регіону [15].



Рис. 7 – Техногенне родовище кухонної солі у Німеччині

Сьогодні розкривні породи залізорудних кар'єрів використовують для будівельних цілей, рекультивації. Однак часто у відвали потрапляє багато корисних компонентів, які сьогодні не представляють промислового

інтересу, або не вивчені належним чином. Переробка техногенної сировини вимагає інших технологій у порівнянні з природними рудами, як правило це новітні технології, засновані на останніх досягненнях науки та техніки. При цьому багаторічні відвали зазнають інтенсивного впливу екзогенних факторів (поверхневих), в результаті чого відбуваються негативні процеси.

Використання розкривних порід відвалів є незначним, що пояснюється цілою низкою причин: відсутністю інвестицій через недосконалу правову базу, занадто мінлива політична ситуація, недостатнім стимулюванням з боку держави щодо вивчення та освоєння порід відвалів, недосконалістю наукових та практичних розробок щодо оцінки утворених техногенних об'єктів, недостатньою вивченістю порід, які складають відвали. Тобто відвали є, але що в них, у якій кількості та якої якості – невідомо.

Негативні явища в економіці нашої країни, на жаль, не сприяють розвитку досліджень у галузі вивчення техногенних родовищ, оскільки методика дослідження техногенних родовищ значною мірою відрізняється від вивчення природних об'єктів та потребує значних фінансових ресурсів. Особливістю методики є об'єкт досліджень – родовища незвичайного та складного мінерального складу. Проведення комплексних досліджень включає у собі декілька етапів, основним з яких є оціночні роботи. Вони складаються з випробування матеріалу укосів та поверхні відвалів. На другому етапі виконують аналітичні та мінералогічні дослідження з метою вивчення складу техногенного родовища. З розвитком ядерно-фізичних методів аналізу, які можна застосовувати для речовин будь-якого агрегатного стану (твердого, рідкого, газоподібного) стало більш ефективно здійснювати мінералогічні дослідження, особливо для виявлення важких та радіоактивних металів. Третій етап передбачає обробку інформації, складання геологічної карти та розрізів, оцінку концентрацій корисних компонентів та прогнозу оцінку запасів. Для оцінки прогнозних ресурсів корисних компонентів використовують усі наявні аналітичні дані, прогнозні ресурси при цьому

характеризуються об'ємом відвалів та вмістом у відвальних масах корисного компонента.

Незважаючи на поки що відсутність зацікавленості у формуванні техногенних родовищ з некондиційних порід, звернемо увагу на фактори (важелі), які можуть спонукати державу, інвесторів, науковців та виробників робити практичні кроки в бік реалізації ресурсозберігаючих технологій відвалоутворення.

До першої групи важелів віднесемо техніко-економічні проблеми гірничого виробництва: зростанні глибин видобутку корисних копалин, що збільшує собівартість продукції комбінатів та зниження її конкурентності на світовому ринку. За різними оцінками щорічно зростає собівартість сировини на 5-10%, незважаючи на впровадження нової техніки та автоматизацію деяких виробництв. Відбувається виснаження запасів корисних копалин. Через зниження темпів видобутку у зв'язку з постійним погіршенням гірничо-геологічних умов видобутку (великі глибини, бідні руди) знижується продуктивність праці. Ці проблеми частково можуть бути вирішені залученням у розробку відвалів гірських порід, а також при веденні гірничих робіт свідомим формуванням техногенних родовищ.

До другої групи важелів віднесемо соціальні проблеми гірничого виробництва: зменшення обсягу робіт в зв'язку з виснаженням запасів корисних копалин, призводить до зменшення робочих місць, зменшення ролі гірничодобувних підприємств, як містоутворюючих підприємств; погіршення умов праці при експлуатації глибокозалягаючих родовищ.

До третьої групи важелів віднесемо екологічні проблеми гірничого виробництва: вилучення з обігу великих площ земель (часто родючих), зайнятих відходами виробництва; знищення або зниження родючості земель через пилові замети з відвалів; забруднення навколишнього середовища (грунтів, поверхневих та підземних вод, атмосферного повітря) важкими металами та солями в концентраціях, які нерідко перевищують гранично допустимі норми.

У статті [43] автори на основі аналізу практики формування техногенних масивів при відкритій розробці родовищ роблять висновок про основні напрямки їх використання та функціонального призначення:

- 1.Зберігання порід. Це основне призначення техногенних масивів як при зовнішньому, так і внутрішньому відвалоутворенні. Зберігання може бути короткостроковим (перевантажувальні пункти), довгостроковим (склади) і постійним (відвали).
- 2.Забезпечення безпеки робіт. Реалізується для забезпечення стійкості деформаційно-небезпечних ділянок бортів кар'єру. Передбачає створення внутрішнього відвалу, який примикає до борту кар'єра і грає роль призми упору для прогнозованої деформації, або тієї, що має реальні прояви.
- 3.Стабілізація технологічних процесів. Забезпечується створенням буферних складів на з'єднанні різнорідних елементів технологічного потоку, які по суті є техногенними масивами для короткострокового зберігання гірничої маси (перевантажувальні пункти).
- 4.Формування конструктивних елементів кар'єру. Реалізується через створення насипних тимчасових і постійних з'їздів, а також ділянок виїзних траншей.

Оскільки при формуванні техногенного родовища передбачається, що в майбутньому складовані породи будуть використовуватись, то має існувати певний регламент (порядок) цих робіт, щоб формування відбувалося у вигляді нового георесурсу (рис.8).

Автори [46] формування техногенного родовища бачать наступним чином (рис.9).

Автори [39] перед початком формування техногенного родовища з різних типів руд, вважають за доцільне класифікувати їх на підставі економічної доцільності їх переробки, а також можливостей використання у майбутньому:

1. Породи, які економічно доцільно переробляти та технологія переробки відома.



Рис. 8 – Класифікація техногенних ресурсів

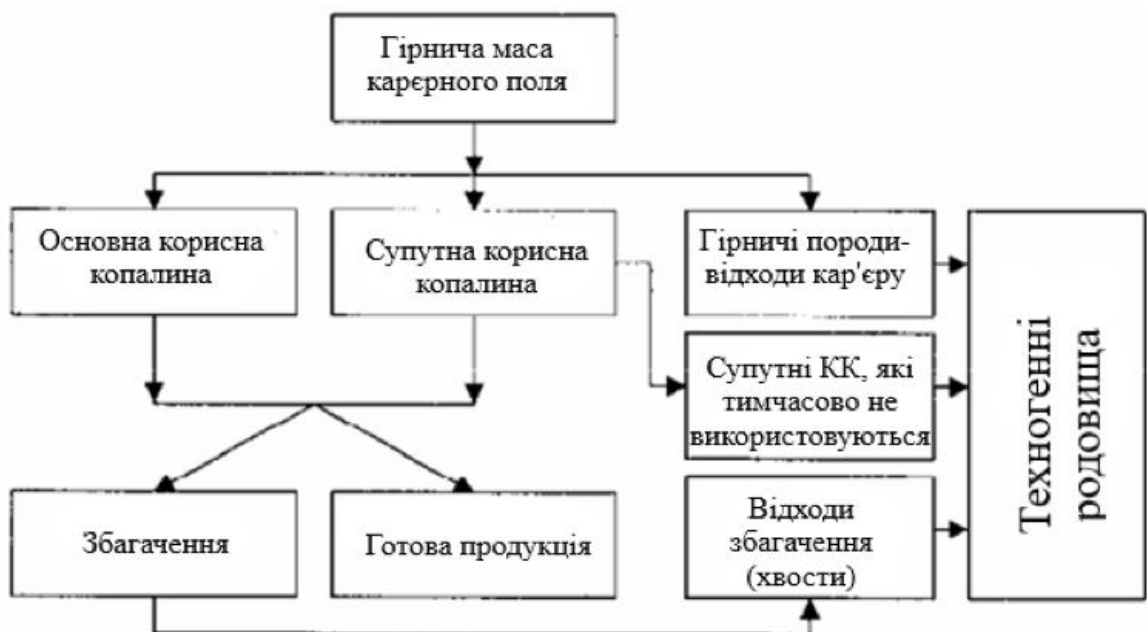


Рис. 9 – Схема формування техногенних родовищ при відкритих гірничих роботах

2. Породи, які економічно недоцільно на даний час переробляти та технологія переробки відома. Це, як правило, некондиційні руди та металовмісні мінерали.

3. Породи, можлива сфера застосування невідома та технологія переробки відсутня.

На основі даної класифікації автори пропонують наступні способи формування відвалів як техногенних родовищ:

1. Формування відвалів з порід 1-ї групи відбувається селективно за їх складом, при цьому враховується їх крупність. Для їх складування облаштовуються ділянки з можливістю виймання цих порід для переробки. При селективному складуванні в один відвал буде зайнято менше земельних площ, у порівнянні з варіантом їх складування у різні відвали. (рис. 10).

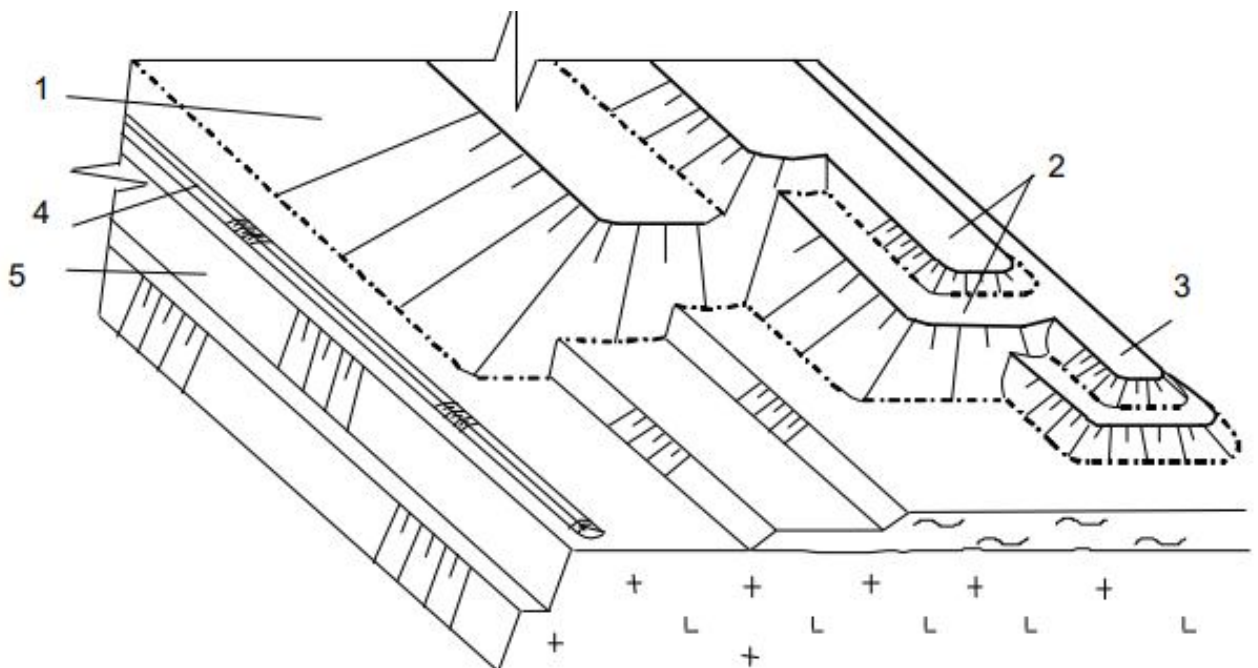


Рис. 10 – Формування відвалу-техногенного родовища з порід 1 групи: 1 – скельні розкривні породи; 2 - напівскельні розкривні породи; 3 - глина; 4 - запобіжний вал; 5 – кар’єрний контур

2. Формування відвалів-техногенних родовищ з порід 2-ї групи відбувається шляхом консервації порід на ділянках, які ізолюваних від земної поверхні. Для нейтралізації кислі стоків, які можуть утворюватись в процесі взаємодії компонентів відвалу при тривалому стоянні, відвал формується під ухилом. В даному випадку існує вірогідність створення умов для корисної взаємодії компонентів відвалу, що дасть можливість покращити властивості за

складованих порід та навіть створити нові види мінеральної сировини (рис. 11).

3. Формування відвалів-техногенних родовищ з порід 3-й групи здійснюється за принципом зведення інженерних споруд. Такий відвал може бути спроектовано та споруджено у вигляді місця для відпочинку, ємності різного призначення або ж будівельного майданчика тощо. В зв'язку з цим при виборі форми реалізації такого техногенного родовища слід враховувати місце розташування гірничого підприємства по відношенню до населених пунктів, зон рекреації, промислових підприємств.

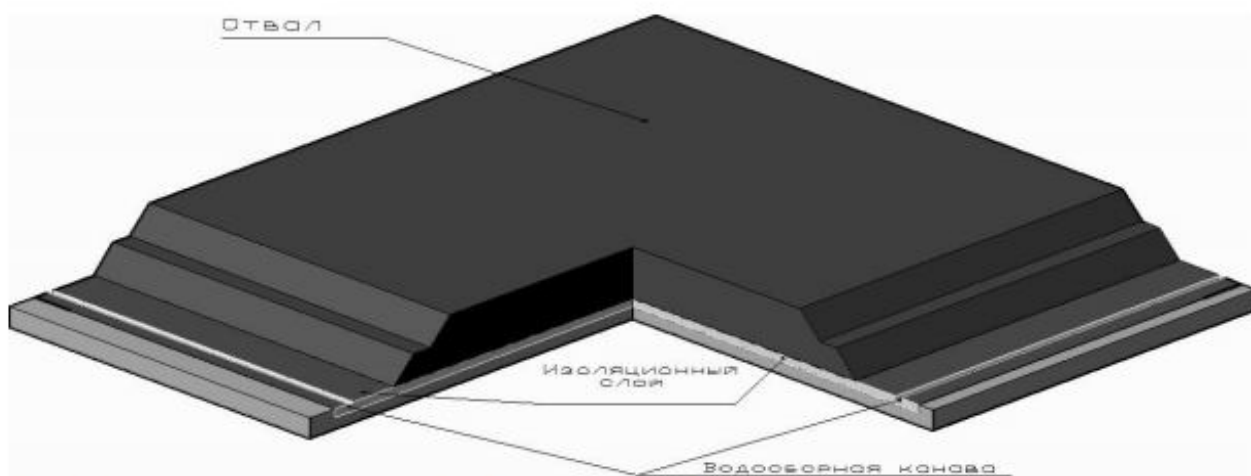


Рис. 11 – Формування техногенного родовища, переробка якого з використанням відомих технологій в даний час економічно недоцільна.

З приводу принципів, на яких будується теорія формування техногенних родовищ з відходів гірничого виробництва, зокрема й відвалів, в науковій літературі поширені такі думки [23, 24]:

1. Сутність формування техногенного родовища з відходів гірничого виробництва полягає в роздільному складуванні тимчасово некондиційних порід та супутніх корисних копалин у просторі та часі.
2. Відстані транспортування некондиційних порід та супутніх корисних копалин мають бути мінімальними.
3. Площі земель, які зайняті під техногенні родовища (а вони розташовуються на поверхні), мають бути мінімальними.

4. Складування має відбуватись таким чином, щоб в майбутньому, при відпрацюванні техногенного родовища, об'єми переєкспавації були б мінімальними, що дозволить мінімізувати кількісні та якісні втрати корисних компонентів, що вилучатимуться.

Пропонується [39] запровадити поняття цінності техногенного георесурсу, під яким автори розуміють грошове вираження вартості всіх корисних властивостей, якостей або компонентів, що містяться в техногенних об'єктах, сформованих в результаті гірничих робіт, з урахуванням витрат на використання георесурсів або вилучення з них корисних компонентів. В першу чергу таку цінність автори пропонують визначати для породних відвалів. Формуватися цінність буде на основі даних про обсяги та фізико-технічні характеристики складованих порід, необхідну відстань їх транспортування, вміст корисних компонентів, спосіб формування відвалу як техногенного родовища.

Науковцями в різні роки розглядались та пропонувались різні технології формування техногенних родовищ, які мають свої переваги та недоліки (огляд технологій у наступному параграфі). Кожне рішення характеризується техніко-економічними показниками, що напряду залежать від основних параметрів техногенного родовища. Але на сьогодні, принаймні у вітчизняній науковій літературі, відсутній загальний підхід до того, що вважати основними параметрами техногенних родовищ. Поряд з цим, кожне техногенне родовище, як і природне, є унікальним, тобто його параметри будуть залежати від низки факторів: способу його формування, вартості землі під його розміщення, обладнання, яке застосовуватиметься для формування родовища, а також фізико-механічних властивостей порід, які складають родовище.

Незважаючи на вищесказане у наукових працях здійснюються спроби вирішення проблеми. Наприклад у статті [24] до параметрів техногенних родовищ автори відносять: розміри основи, кут укосу, ярусність, приймальну

здатність та можливу виробничу потужність. Як зазначають автори, всі ці параметри не є незалежними, а навпаки знаходяться у тісному взаємозв'язку.

У монографії [15] пропонується при формуванні техногенного родовища з розкривних порід створювати такий собі паспорт, в який поступово заносити наступну інформацію:

- Можливі напрямки використання сировини (відходів), які укладаються у відвал-техногенне утворення ат перспективне промислове значення;
- Гранулометричний, породний та мінералогічний склад порід;
- Фізико-механічні властивості та хімічний склад порід, що складають техногенне утворення;
- Запаси сировини та розміри утворення;
- Історія створення техногенного утворення (роки та обсяги поповнення по наростаючій);
- Природні умови поверхні, в тому числі кліматичні;
- Проект розробки техногенного родовища;
- Можливі технології переробки порід.

Звичайно, сюди можна додавати й інші параметри, але ідея з паспортизацією створюваних техногенних об'єктів-відвалів є, на нашу думку гарною та перспективною. Інша річ, що така робота потребує додаткових коштів.

Сама ідея формування та розробки техногенних родовищ відносно нова, тому потребує вивчення (моніторингу) досвіду та ґрунтового підходу до її вирішення. В монографії [15] початковими завданнями такого моніторингу вважають:

1. Накопичення інформації щодо руху обсягів розкривних порід у часі з аналізом темпів.
2. Важливим моментом є отримання інформації щодо зміни якісних характеристик сировини, що підлягає укладанню у техногенні утворення. Вирішується за рахунок визначення гранулометричного,

хімічного та мінерального складів та фізико-механічних властивостей гірських порід.

3. Аналіз даних із проєктування підприємств з видобутку техногенної сировини та досвіду проєктування.
4. Аналіз досвіду експлуатації техногенних родовищ.
5. Виявлення ускладнень та можливих проблем при експлуатації техногенного родовища та техногенних об'єктів з аналізом причин їх появи.
6. Розробка принципів проєктування та способів ефективного формування родовища з урахуванням їх подальшої експлуатації та конкретних особливостей у районах розміщення.

Основним критерієм ефективності прийнятих рішень автори пропонують прийняти мінімум витрат на формування родовища. Наприклад від приймальної здатності або місткості родовища напряду залежать витрати на формування родовища, що пов'язане зі збільшенням відстаней транспортування порід у техногенне родовище, яке зростає зі збільшенням ярусності техногенного насипу (рис.12)

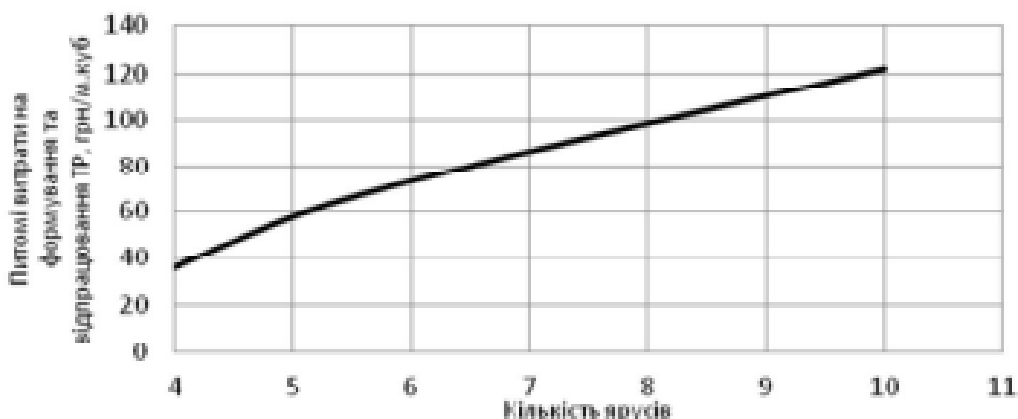


Рис. 12. - Залежність витрат на формування техногенного родовища від його ярусності

3.2. Практика застосування технології

Оскільки досвіду формування та освоєння техногенних родовищ ще мало, в цьому розділі висвітлимо конкретні наукові ідеї та проєкти.

В Кривбасі [21] було проведено дослідження порід відвалу «Північний» та встановлено, що вміст заліза загального складає 32-35%, заліза магнетитового до 0,62%. Результати свідчать, що техногенне родовище-відвал «Північний» містить заліза загального на рівні природних родовищ (по Кривбасу це 30-34%), і можуть бути придатними для промислового освоєння. Для цього необхідно здійснити ряд кроків: детальна розвідка, встановлення умов залягання, переведення родовища у категорію техногенне родовище. Проте, на жаль, на сьогодні в напрямку формування техногенних родовищ не було зроблено реальних практичних кроків.

В різні часи науковцями пропонувались різні технології формування техногенних родовищ. Розглянемо деякі з них.

В науковій статті [22] пропонується технологія формування посеційного техногенного родовища. Його формування відбувається з дамб різних конструкцій (рис. 13).

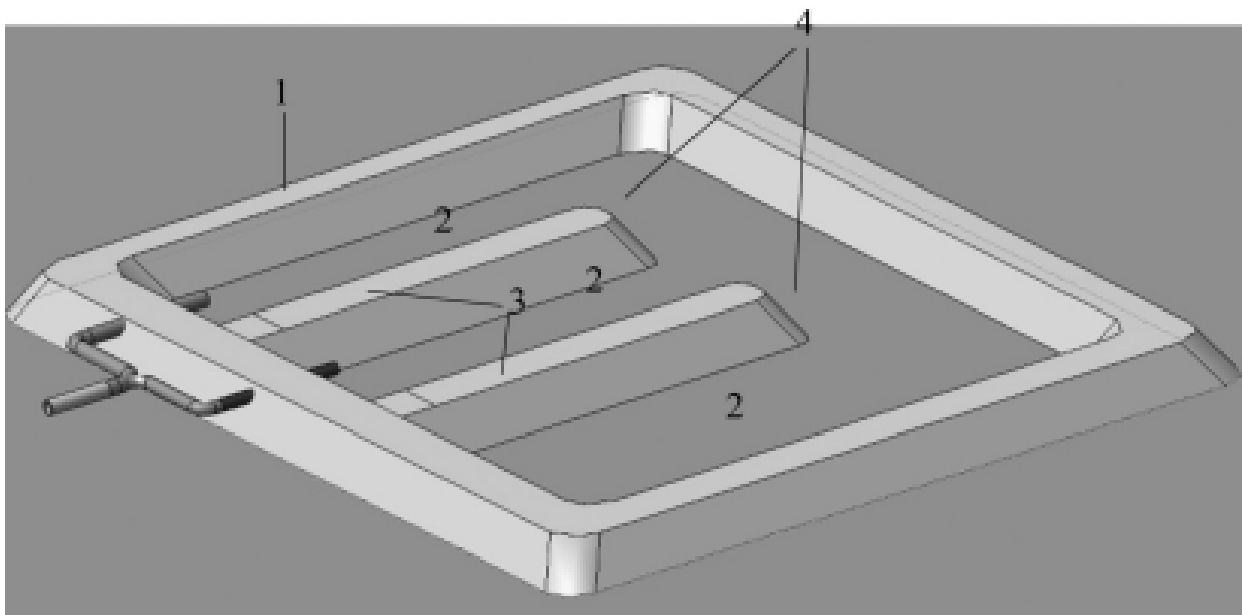


Рис.13 - 3D-модель сформованого техногенного родовища: 1 — дамба різної конструкції; 2 - секції укладання техногенної сировини; 3 - перегородка зі скельного розкриття; 4 - проміжок між скельною перегородкою і дамбою

Секції діляться перегородками зі скельного розкриття. Ширина перегородки дорівнює мінімальній ширині робочої площадки екскаватора, а ширина секції — подвоєному радіусу робочої зони крокуючого екскаватора.

Виймка техногенної суміші здійснюється в межах обраної секції, гірничий транспорт розташовується на дамбі або скельній перегородці, транспортування техногенної сировини проводиться безпосередньо на збагачувальну фабрику для подальшої переробки або використання в різних галузях промисловості. Укладання суміші проводиться як одностороннім випуском, так і розосередженим випуском по довжині секції.

Доцільність розробки техногенного родовища визначається технологією розробки родовища та типом обладнання, що застосовується. Однією з основних цілей є зниження вартості видобутку [22]. Виймка техногенної суміші проводиться за допомогою крокуючого екскаватора в межах секції з розташуванням його на дамбі або скельній перегородці секції (рис. 14).

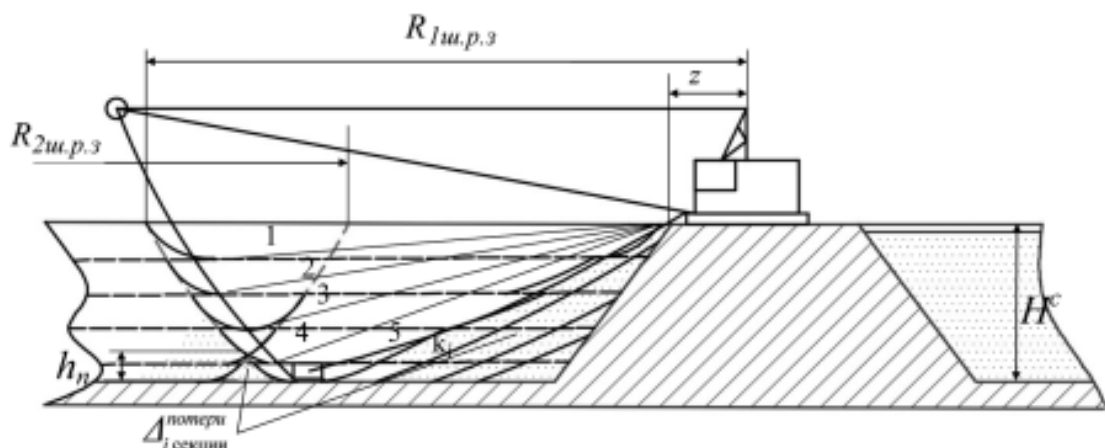


Рис. 14. - Порядок відпрацювання секції з використанням крокуючого екскаватора: H_c — висота секції, м; $R_{1ш.р.з.}$ - радіус робочої зони 1-го екскаватора, м; $R_{2ш.р.з.}$ - радіус робочої зони 2-го екскаватора, м; $t_{сл}$ - потужність шару матеріалу, м; Δ - величина втрат при перетині робочих зон екскаваторів у i -ій секції, а також недобутий матеріал через обмеженість технічних параметрів виймально-навантажувального обладнання; $h_{п}$ - висота втрат, м; 1, 2, 3, 4, 5, k_j - порядок відпрацювання блоків матеріалу; z - безпечна відстань до брівки уступу.

У дисертаційній роботі [27] автор розглядає різні способи розміщення порід у техногенному родовищі, які можуть відрізняються за ступенем складності його формування, а також за величиною займаної площі (рис.15). Проаналізувавши дані варіанти робимо висновок, що всі з них дозволяють здійснювати формування техногенного родовища з декількох типів потенційно корисних копалин (від 2 до 4).

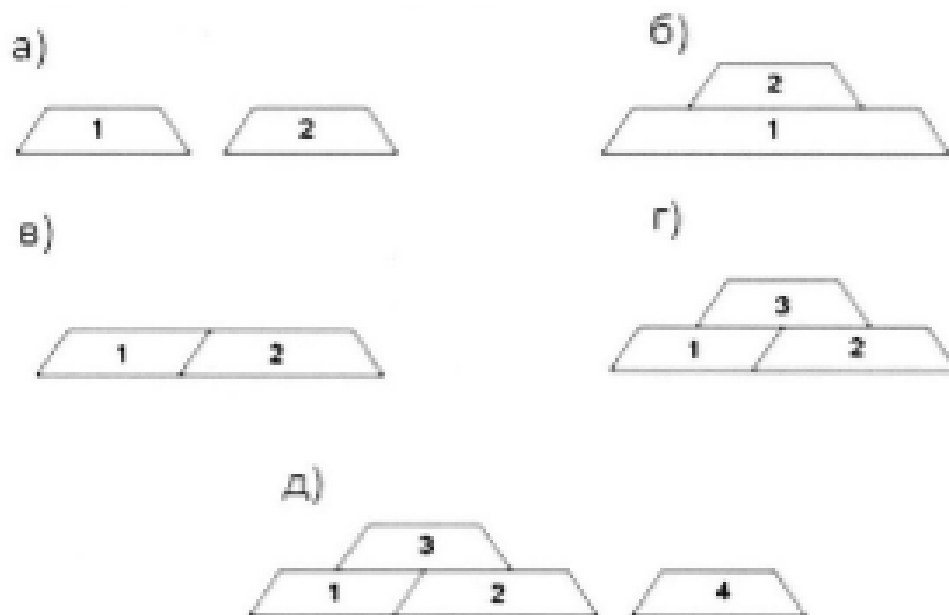


Рис. 15 - Варіанти розміщення різних типів порід у техногенних родовищах: а) без примикання порід; б) із примиканням порід по висоті; в) із примиканням порід у плані; г) з примиканням порід як по висоті, так і в плані; д) розміщення порід з примиканням по висоті, у плані та без примикання; 1-4 - типи порід, з яких формується родовище

На думку автора, найкращим чином будуть зберігатися породи при формуванні родовища за варіантом а), але такий варіант передбачає займання великої земельної площі. В цьому варіанті породи не примикають одна до одної, що не спричиняє можливих хімічних реакцій та перемішування різних типів порід. Варіанти б), в) та г) передбачають примикання різних видів потенційних корисних копалин один до одного, що звісно призведе до їхніх втрат. При цьому площа, займана техногенними родовищами буде меншою від варіанту а). Крім того, поява у цих варіантах ярусності свідчить про ускладнення організації робіт з формування техногенного родовища. Варіант д) передбачає всі можливі комбінації а)-г), тож має їхні переваги та недоліки.

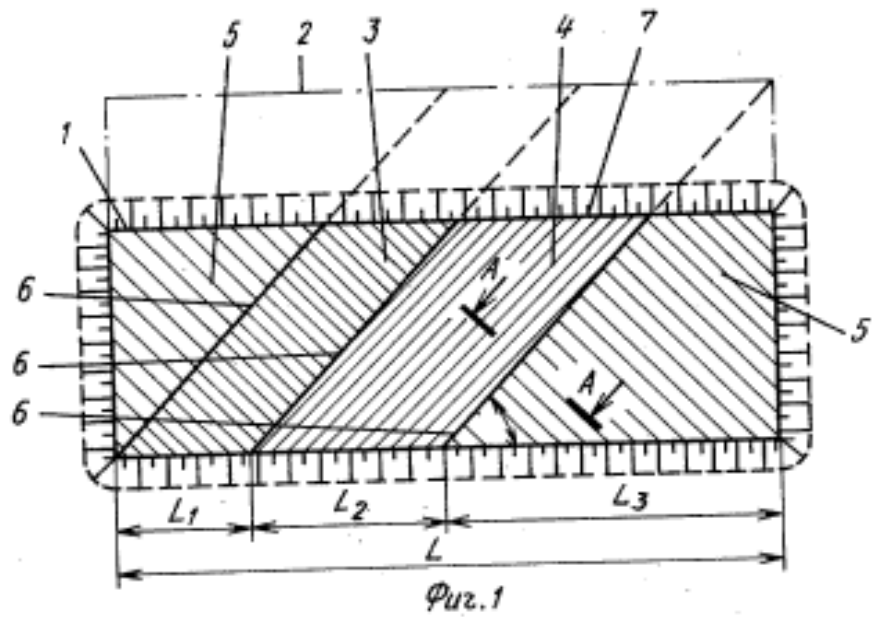
У статті [29] авторка ділиться досвідом формування відвалів – техногенних родовищ на кар’єрі Мурунтау. Цей кар’єр розробляє багатоконпоненті руди, тому формування техногенних родовищ є актуальною задачею. Наприклад, за речовинно-мінералогічним складом відвали Мурунтау складені уламками кварцово-людяних сланців на 40 %; вуглецевих алевролітів на 18%; вуглецево-слюдистих сланців на 7%; полевошпат-кварцових метаалевролітів та пісковиків на 27%; кварцу на 8%.

За мінералогічним складом породи у відвалах та складах представлені кварцем (54,8 %), альбітом (7 %), калієвим шпатом (9,8%), біотитом (6,3%), хлоритом (2,5 %), серицитом (3%), карбонатом (3,3 %), сфеном (0,98), піритом (1,34%), арсенопіритом (0,41%). Авторка констатує, що у кар'єрі Мурунтау проводиться не тільки селективна виїмка, а й роздільне складування гірничої маси з різними споживчими властивостями. Це дозволить у майбутньому використовувати породи розкриву у якості резервного сировинного джерела. Проте для цього має бути зроблено неабияку роботу: ретельно дослідити гранулометричний склад порід у відвалах; здійснити оцінку розподілу корисних компонентів, які містяться у відвалах; розглянути особливості формування селективних відвалів з використанням різних технологій.

Аналіз наукових джерел показує, що ідеї формувати техногенні родовища замість відвалів гірських порід виникали ще за радянських часів, і як правило спонукали науковців економічні причини, а не ресурсозбереження. Так, у патенті [30] авторами пропонується наступний спосіб формування відвалу, який ми в роботі розглядаємо як потенційне техногенне родовище (рис.16).

На рисунку показані три типи порід (3,4,5). Відсипання шарів ведуть з поступовим зміщенням фронту відсипання, що дозволяє сформувати границі між типами (сортами) руди (6). Автори розглядають застосування даного рішення на прикладі гірничо-збагачувального комбінату, який здійснює тривале зберігання (складування) порід декількох типів (сортів). Автори ґрунтовно зазначають, що зберігати три сорти некондиційних на сьогодні руд буде економічно недоцільно, оскільки зростають транспортні витрати на формування декількох відвалів, які можуть і не знаходитись у безпосередній близькості до кар'єру.

При цьому автори патенту зазначають, що при сумісному зберіганні декількох типів гірських порід виникає інша проблема – більші втрати та розубоження при відпрацюванні техногенного родовища.



30

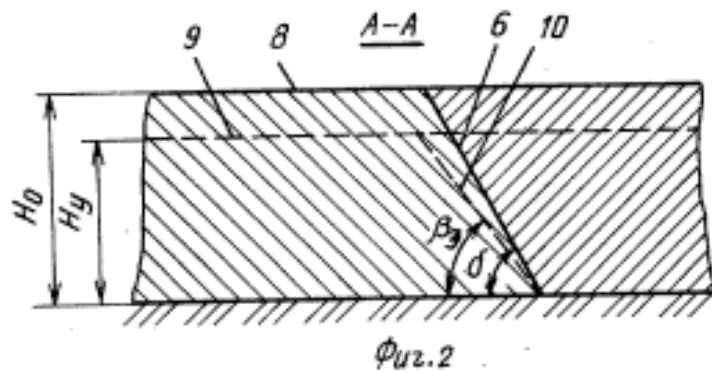


Рис. 16 – Формування техногенного родовища з діагональними границями розділення типів порід

Саме діагональне відсіпання дозволяє якщо не уникнути цієї проблеми, то значно зменшити її негативні прояви. Запропонований спосіб дозволяє скоротити розубоження на 5%, знизити площі, які відводяться під техногенне родовище у 1,3 рази та знизити транспортні витрати у 1,2 рази. Як ми бачимо патентна база 90-х років вже містить готові рішення щодо ресурсозберігаючого відвалоутворення, яке дозволяє мінімізувати земельні втрати, ресурсні втрати, а головне в майбутньому використовувати некондиційні нині руди.

Групою вчених Дніпропетровського гірничого інституту (нині Дніпровської політехніки) було запропоновано спосіб формування техногенного родовища [32]. У 80-х роках винахід носив назву «спосіб складування розкривних гірничих порід», але вже тоді були науковці, які вважали, що в майбутньому породи розкриву стануть у нагоді, тому вже сьогодні треба попідкуватися про те, щоб складувати їх з розумом (рис.17).

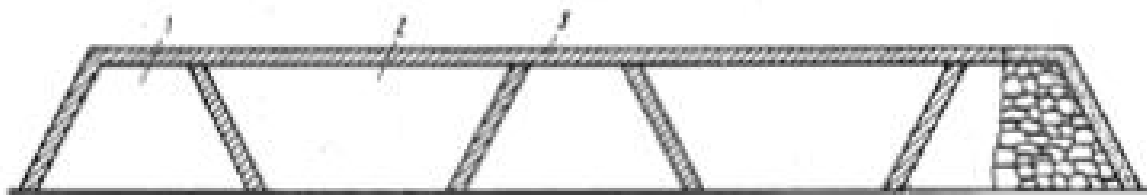


Рис. 17 – Формування техногенного родовища

Даний винахід передбачає формування техногенного родовища з двох видів порід. Спочатку відсипається ряд піонерних насипів з породи (1), яка має більший кут природного укосу, ніж порода (2), та менш схильна до впливу зовнішнього середовища та є інертною по відношенню до типу порід (2). Піонерні насипи екрануються тонкодисперсними породами з високими антифільтраційними властивостями (3). Це робиться з метою запобігання впливу зовнішнього середовища та міграції розчинних речовин між секціями насипу. В якості порід (3) використовують глинисті породи, оброблені ПАР (поверхнево-активними речовинами). Процес формування родовища простий – бульдозерне відвалоутворення.

Цією ж групою вчених були розроблені і інші способи формування техногенних родовищ [34], які мають свої нюанси: кількість ярусів, кількість типів складованих порід, екрануючі шари тощо (рис.18).

У монографії [15] пропонується технологічне рішення, яке дозволяє забезпечити роздільне розміщення достатньої кількості розкривних порід. За словами автора, такий підхід дозволяє зменшити техногенне навантаження

на довкілля та зробити придатними за складовані породи до подальшого використання у майбутньому (рис.19).

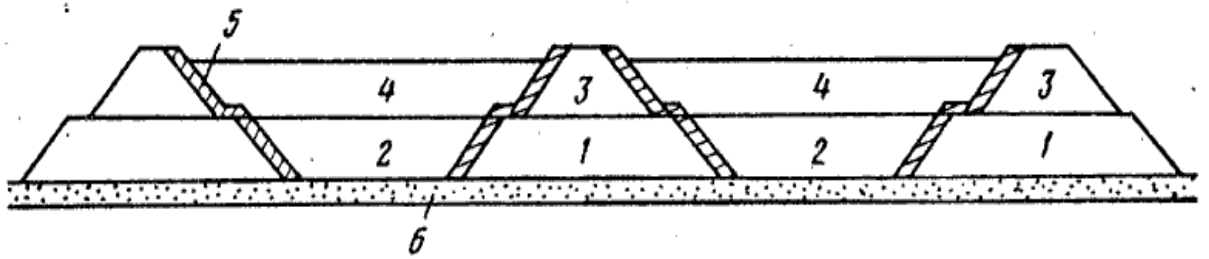


Рис. 18 – Формування техногенного родовища ярусами

Технологічне рішення дозволяє розкривні породи з різними властивостями та вмістом корисного компонента складувати або у окремі відвали, або у окремі блоки одного відвалу, за умови його великої протяжності.

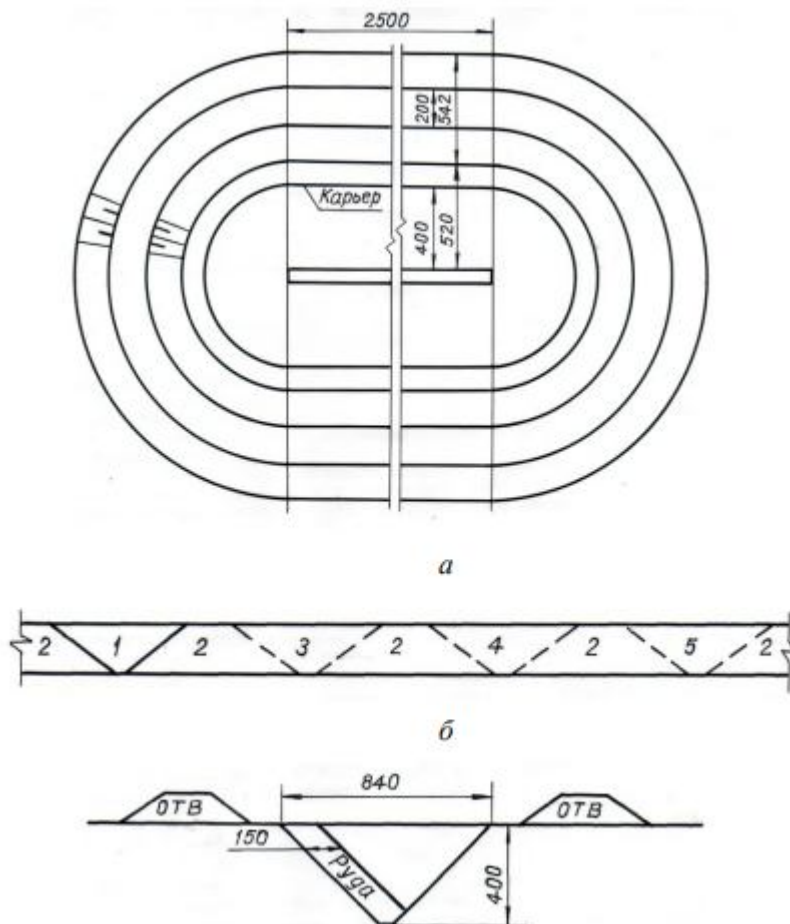


Рис. 19 – Роздільне складування розкривних порід по периметру кар'єра на його поверхні:
 а — план кар'єру та відвалу;
 б — розміщення блоків розкривних порід за типами (1 - наскрізний проїзд, 2 – породи, що не містять кондиційних корисних копалин; 3 — позабалансові корисні копалини (супутні); 4 — корисні копалини із контактних зон; 5 — морени, ґрунти тощо)

На думку авторів монографії [15] такий принцип побудови та конструкція відвалу дадуть змогу мінімізувати транспортну роботу, оскільки відвал відсипається у один ярус, що дозволяє звести до мінімуму протяжність доріг, а також зменшити викиди чадного газу від автомобілів. Крім того, значно зменшиться площа земельного відводу через часткове об'єднання площ санітарно-захисних зон кар'єру.

Формування блоків з різних типів порід з розміщенням між ними скелі, яка не містить корисних компонентів, дозволить зберегти окремо типи представлених порід і, за необхідності, у будь-який час розпочати відпрацьовувати необхідний блок. Заповнення блоків відбувається шарами з випередженням заповнення блоків по висоті з безрудною скелею. При цьому автори зазначають, що на практиці таку технологію втілити в життя важко, але її можна вважати ідеальною та шукати можливості реалізації.

3.3. Оцінка та перспективи розвитку технології

Як ми бачимо, проблема формування та подальшого освоєння техногенних родовищ мінеральної сировини об'ємна та багатогранна. Першочерговим напрямком розвитку даного питання є адаптація традиційної технології відвалоутворення та гірничого обладнання до формування та розробки техногенних родовищ. На цьому етапі важливо аналізувати стан уже існуючих, тобто вже сформованих техногенних родовищ, вивчати ще небагатий, але такий цінний практичний досвід їх формування та освоєння, проектувати та розробляти рекомендації щодо залучення їх у експлуатацію з максимальною ефективністю.

Технологія формування та розробки техногенних родовищ багатогранна та об'ємна, вона стосується не тільки відкритої розробки, а й технологій збагачення корисних копалин та металургійного виробництва. В розрізі теми дослідження вважаємо за доцільне розвивати технологію цілеспрямованого формування техногенних родовищ, а не валових відвалів розкривних порід. Звичайно, це потребує вивчення практики з даної

технології, додаткових наукових досліджень, розробки проекту та багато інших кроків, які в кінцевому рахунку призведуть до ресурсозбереження.

Сьогодні ситуація складається таким чином, що інтерес до формування та розробки техногенних родовищ базується на економічній складовій, а також на бажанні за рахунок сировини, яка містить у техногенних утвореннях, збільшити сировинну базу гірничовидобувного підприємства. Екологічний аспект необхідності раціонального користування мінеральними та природними ресурсами знаходиться на задньому плані, цьому також не сприяє державна політика, хоча позитивні зсуви у цьому напрямку спостерігаються. Слід відзначити, що за даними [47] факт формування та подальшої розробки техногенного родовища не завжди гарантує позитивне розв'язання екологічних проблем. В більшості випадків спостерігається сукупний екологічний та економічний ефект, які обумовлені значно меншим негативним впливом на довкілля, а також сприятливими економічними показниками, які дозволяють відраховувати на рекультиваційні та природоохоронні заходи більше фінансових ресурсів.

Отже формування техногенних родовищ (у деяких джерелах селективне складування) перспективний напрямок вирішення екологічних та економічних проблем, з якими зустрічаються сучасні гірничі підприємства.

Які переваги дає залучення у розробку техногенних родовищ (відвалів) та необхідність їх цілеспрямованого формування при розробці діючих кар'єрів?

1. Скорочення витрат на пошуки нових та розвідку родовищ, що вже експлуатуються.
2. Збереження мінеральних ресурсів, що виснажуються в надрах, оскільки запасів корисних компонентів, що накопичилися у відвалах, достатньо щоб задовольнити (хоча б частково) потреби промисловості та суспільства.

3. Підвищення продуктивності праці за рахунок рентабельної переробки сировини, що є готовим напівпродуктом і знаходиться поблизу діючих підприємств.
4. Поліпшення умов праці, оскільки відвали знаходяться на поверхні Землі на відміну від кар'єрів, які стають дедалі глибшими.
5. Виробництво дешевих будматеріалів (пісок, щебінь, гравій, цемент, абразиви, матеріал для відсіпання дорожнього полотна, будівництва гребель, дамб тощо), добрив та мінеральних добавок. Слід відзначити, що у якості виробництва будматеріалів відвали зараз використовуються.
6. Вивільнення займаних відвалами земель, їх рекультивація, ліквідація джерел забруднення довкілля (пилу), що дозволить покращити екологічну ситуацію у місцях видобутку. Але слід зазначити, що цей аспект буде актуальним для тих відвалів, освоєння яких супроводжується виробництвом будматеріалів та стрімким зменшенням об'ємів відвалів. Якщо ж здійснювати тільки видобуток кольорових, рідкоземельних та благородних металів, то через їх низький вміст у відвальній масі об'єми відвалів практично не зменшуються.
7. Техногенні родовища є новим джерелом мінеральної сировини, утвореним в результаті промислового виробництва. Подібні родовища часто мають незвичайний мінеральний склад і можуть бути великим потенційним джерелом різноманітних корисних компонентів, зокрема рідкісноземельних і благородних металів.
8. Поява можливостей для залучення інвестицій, застосування новітніх технологій з метою покращення екологічної ситуації в районах видобутку корисної копалини та дбайливого використання мінерального ресурсу країни.
9. Вирішення проблеми рекультивації, якщо техногенне родовище формуватиметься у виробленому просторі кар'єру.

Слід констатувати, що державна політика в сфері формування та розробки техногенних родовищ знаходиться в зародковому стані. Хороша забезпеченість України мінеральними ресурсами не сприяє зростанню інтересу до техногенних родовищ, хоча ми впевнені, що в майбутньому ситуація зміниться, оскільки дані ресурси є вичерпними.

4. ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

В умовах постійного підвищення вимог до екологічної безпеки та конкурентоспроможності гірничого виробництва питання цілеспрямованого формування та раціонального використання вироблених кар'єрних просторів вимагають дедалі більш глибоких наукових досліджень. Проведений під час написання магістерської роботи аналіз наукових джерел дозволяє сформулювати наступні висновки:

1. В Україні під час ведення відкритих гірничих робіт щорічно розміщуються у відвалах мільйони тонн гірських порід, які не розглядаються підприємствами як потенційно корисні. Такі відвали не можна вважати техногенними родовищами, оскільки вміст корисних компонентів, їх кількість та розподіл у відвалах встановити вкрай складно або навіть неможливо.
2. Для того, щоб існувала можливість в майбутньому використовувати відвали розкривних порід у якості техногенної сировини, необхідно розробляти регламент та проводити моніторинг формування, проектування та експлуатації техногенних утворень з розкривних порід гірничих підприємств вже на стадії проектування та освоєння корінних родовищ, а не лише на стадії утворених та закладованих відходів.
3. Техногенні родовища є новим джерелом мінеральної сировини, утвореним внаслідок промислового виробництва. Подібні родовища часто мають незвичайний мінеральний склад і можуть бути великим потенційним джерелом різноманітних корисних компонентів, зокрема рідкоземельних та благородних металів.
4. Задача науковців – розробляти та обґрунтовувати такі технологічні схеми формування відвалів, які дозволять здійснювати тривале зберігання або консервацію потенційних корисних копалин шляхом створення техногенних родовищ з відомими параметрами.

5. В науковій літературі теоретично тема необхідності створення техногенних родовищ висвітлена доволі широко, запропоновано конструкції техногенних родовищ тощо. Проте практичного застосування цей напрям, принаймні в Україні, на жаль не набув. Це пов'язано в першу чергу з державною політикою та відсутністю зацікавленості власників гірничовидобуваних підприємств у ресурсозберігаючому відвалоутворення.
6. Вирішення проблеми ресурсозберігаючого відвалоутворення має запроваджуватись на основі законодавчого регулювання, що має базуватись на основі позитивного досвіду європейського законодавства з урахуванням національних особливостей.
7. Зміна підходів до використання просторових ресурсів гірничих відводів кар'єрів дозволить підвищити ефективність освоєння родовищ та суттєво знизити техногенне навантаження на навколишнє середовище.
8. У числі пріоритетних напрямів зниження негативних наслідків відкритої розробки родовищ і, зокрема, землеємності відвалоутворення розкривних порід, мають бути технології та рішення формування і раціонального використання виробленого кар'єрного простору для розміщення розкривних порід і відходів виробництва.
9. Розвиток та впровадження технології внутрішнього відвалоутворення дозволить скоротити витрати на транспортування та складування гірничої маси, знизити вилучення земельних площ під відвали, зменшити забруднення навколишніх територій.
10. Розширення можливостей застосування внутрішнього відвалоутворення можливо шляхом удосконалення технологічних схем екскавації та переекскавації розкривних порід, дослідження способів підвищення стійкості та прийомної здатності внутрішніх відвалів розкривних порід. Засипання відпрацьованих кар'єрів та їх ділянок можна вважати ресурсозберігаючою технологією відвалоутворення, оскільки таке рішення призводить не тільки до раціонального використання земельних

ресурсів при веденні відкритих гірничих робіт, а й до значного зниження витрат на видобуток корисної копалини за рахунок менших відстаней транспортування порід розкриву та виплат за порушення зовнішніми відвалами сільськогосподарських земель. Зниження витрат можливе за умови близького розташування робочого кар'єру та відпрацьованого.

Ресурсозберігаючі технології в гірництві – відносно новий напрямок науки та практики, тому багато питань є недостатньо вивченими та багато ідей є досі нереалізованими. На підставі проведеного аналізу наукових джерел вбачаємо наступні **напрямки досліджень** перспективними для роботи науковців та практиків гірничої справи:

1. Оскільки технологія внутрішнього відвалоутворення пов'язана із необхідністю додаткового рознесення бортів для розміщення розкривних виробок, то одним з напрямків подальших досліджень вважаємо пошук способів зменшення обсягів додаткового рознесення бортів для підвищення ефективності та розширення сфери застосування внутрішнього відвалоутворення при розробці крутоспадних родовищ.
2. Вважаємо перспективним напрямком подальших досліджень вироблення конкретних рекомендацій щодо створення техногенних родовищ з урахуванням вимог законодавства та технологічних можливостей конкретних підприємств.
3. Актуальним напрямком досліджень є вивчення характеристик розкривних порід існуючих відвалів з метою аналізу можливостей їх використання у якості резервних джерел мінеральної сировини.
4. Поряд із розробкою рекомендацій щодо створення техногенних родовищ з розкривних порід кар'єрів, важливо розробляти технологію їх розробки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гнеушев В.О. Формування та розробка техногенних родовищ. Навч. посібник / В.О. Гнеушев – Рівне: Волинські обереги, 2013. – 152 с.
2. Пашков А. П. До питання про екологічні проблеми опанування родовищ корисних копалин України / Культура безпеки екології та здоров'я в інформаційному просторі освіти (матеріали конф. I-го міжнар. форуму) / Нац. акад. пед. наук України, Міжнар. акад. культури безпеки, екології та здоров'я, Держ. вищ. навч. закл., Ун-т менеджменту освіти НАПНУ. - К. : Вітас ЛТД, 2011. - С. 4-7.
3. Ільющенко Г.В. Деякі правові аспекти поводження з відходами гірничовидобувної промисловості / Актуальні проблеми вітчизняної юриспруденції. Спецвипуск. Ч 1. 2017. – С.71-74
4. Губіна В.Г., Губін Г.Г. Пропозиції щодо складування відходів гірничозбагачувальних комбінатів у відпрацьованих просторах кар'єрів / *Geochemistry of Technogenesis* 7 (2022). P. 114–118
5. Екологоорієнтовані технології відкритої розробки родовищ та створення вторинних екосистем на пошкоджених землях / А.Г.Шапар, О.О.Скрипник // Прикладна екологія, 2013. — С. 149-155.
6. Положення про проектування внутрішнього відвалоутворення та складування відходів виробництва в залізородних і флюсових кар'єрах/ А. Шапар, П. Копач, В. Романенко, В. Лашко, В. Бондаренко, А. Дриженко, Ю. Вілкул, Ю. Ніколашин, О. Романенко, В. Слободянюк, В. Квітка, В. Моїсеєнко, А. Воробйов, О. Ігнатов, В. Галімуллін/ Інститут проблем природокористування та екології НАН України. - Дніпропетровськ: Мінерал.- 2004.-50 с.
7. Дослідження параметрів внутрішніх відвалів у виробленому просторі відпрацьованих глибоких кар'єрів / А.Ю.Дриженко, А.А.Адамчук, Тамуя Садо Арманд, В.Г.Тельнов // Розробка родовищ корисних копалин. – 2018. С.56-65.

8. Романенко О.В. Наукові основи технології внутрішнього відвалоутворення на крутоспадних родовищах : дис.д-ра техн. наук: 05.15.03 / Криворізький технічний ун-т. - Кривий Ріг, 2005.
9. Технологічні схеми внутрішнього відвалоутворення та визначення параметрів екскаваторних відвалів при відпрацюванні глибоких кар'єрів / О. О. Анісімов // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. - 2017. - № 51. - С. 18-28.
10. Етапи створення внутрішнього відвалу на глибокому кар'єрі / О. О. Анісімов, К.С. Бардаков // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. - 2022. - № 1(68). - С. 7-17
11. Геомеханіка стійкості системи кар'єр - внутрішній відвал – природне середовище / М.С. Четверик, К.В. Бабій, О.А. Бубнова, В.М. Гребенник // Геотехнічна механіка. 2018. № 140. – С.176-187.
12. Дослідження режимів видобувних, розкривних і внутрішньокар'єрних відвальних робіт при відпрацюванні крутоспадних родовищ із тимчасовим внутрішнім відвалоутворенням / В.В. Перегудов, В.Г. Пшеничний, В.Ф. Плотніков, В.В. Терещенко // Матеріали конф. «Український гірничий форум», 2016.
13. Ресурсосберегающие технологии при разработке рудных месторождений с использованием выработанного пространства / Г.Г. Саканцев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – С.29-37
14. Основы применения внутреннего отвалообразования при разработке ограниченной длины / Г.Г. Саканцев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. – С.219-226
15. Архипов, А. В. Техногенные месторождения. Разработка и формирование: монография / А. В. Архипов, С. П. Решетняк; под науч. ред. акад. Н. Н. Мельникова. — Апатиты: КНЦ РАН, 2017. — 175 с.
16. Агошков М. И. Развитие идей и практики комплексного освоения недр // Горный журнал. - 1984. - № 3. - С. 2–6

- 17.Технология разработки техногенных месторождений Кривбасса / Е.В. Семененко, О.А. Медведева // Розробка родовищ: Зб. наук. пр. — 2013. — Т. 7. — С. 235-239.
- 18.Причины возникновения и перспективы использования техногенных месторождений / Ю.К.Фролова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2007. – С.24-33.
- 19.Закон України «Про оцінку впливу на довкілля».
- 20.Кодекс України «Про надра».
- 21.Особливості техногенних родовищ та деякі правові аспекти їх експлуатації / М.І.Просандєєв // Екологія і природокористування. – 2013. – С.130-134
- 22.Технология формирования техногенного месторождения и определение параметров потерь, возникающих при ведении горных работ с использованием шагающего экскаватора/ К.Р.Аргимбаев, Д.Н.Лигоцкий, М.О.Бовдуй, К.В.Миронова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2018. – №5 - С.35-42.
- 23.Темченко А.Г. Ресурсозберігаючі технології гірничого виробництва. - - Кривий Ріг: Мінерал, 2000. – 216 с.
- 24.Дослідження взаємозв'язків параметрів техногенних родовищ насипного типу / В.В. Перегудов, І.Є. Григор'єв, Ю.І. Григор'єв // Гірничий вісник. – 2019. – Вип.5. – С.29-34.
- 25.Визначення основних методичних принципів ціленаправленого формування техногенних родовищ при комплексному освоєнні надр / І.Є.Григор'єв, Ю.І.Григор'єв, В.Е.Усачов, М.С.Євтушенко// Збірник наукових праць національного гірничого університету – вип. 56, - 2019, с. 18–28.
- 26.Технологія внутрішнього відвалоутворення з формуванням тимчасового внутрішнього відвалу при відпрацюванні мульдopodobних покладів / В.Г. Пшеничний, В.В. Терещенко // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. — Дніпропетровск: ІГТМ НАНУ, 2016. — Вип. 129. — С. 106-114.

27. Русак О.Е. Обоснование технологии формирования долговременных складов горных пород-отходов карьерного производства: автореф. дисс. на соиск. научн. степени канд. техн. наук: спец. 25.00.22. – Санкт-Петербург. – 2013.
28. Открытая разработка крутопадающих месторождений с внутренним отвалообразованием / А.Г. Шапарь, В.Т. Лашко, А.В. Романенко, В.Е. Киковка / Под ред. Э.И. Ефремова. - К.: Наукова думка, 1992. - 115с.
29. Наимова Р.Ш. Перспективы использования вскрышных пород карьера Мурунтау в качестве резервного сырьевого источника / Р.Ш. Наимова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – С. 117-122.
30. Способ формирования отвалов: пат. SU 1724871 A1 / Мининг С.Э., Елин А.Н., Павлов В.Д. – заявл. 08.02.1990; опубл. 07.04.1992., бюл. № 13.
31. Трубецкой К.Н., Шапарь А.Г. Малоотходные и ресурсосберегающие технологии при открытой разработке месторождений. – М.: Недра, 1993. - 272 с.
32. Способ совместно-раздельного складирования горных пород ярусами: пат. SU 1046512 А / И.Л. Гуменик, А.С. Матвеев, И.И. Мнушкин, О.Д. Корх – заявл. 21.06.1982; опубл. 07.10.1983., бюл. № 37.
33. О.В. Романенко Обґрунтування та дослідження параметрів первинного внутрішнього відвалу на дні глибокого кар'єру // Екологія і природокористування. Збірник наукових праць. Вип. 5. Дніпропетровськ. – 2003. - С. 168-174.
34. Способ совместно-раздельного складирования вскрышных горных пород: пат. 937721 / И.Л. Гуменик, А.С. Матвеев, И.И. Мнушкин, В.В. Червинский – заявл. 03.07.1980; опубл. 23.06.1982., бюл. № 23.
35. Пшеничний В.Г. Патент на корисну модель України № 44540. Спосіб відкритої розробки крутоспадних родовищ корисних копалин з внутрішнім відвалоутворенням / Пшеничний В.Г., Пижик М.М. – u200903439; заявл. 10.04.2009; опубл. 12.10.2009, Бюл. №19.

- 36.Технологія внутрішнього отвалообрання с формироваием временного внутрішнього отвала / В. Г. Пшеничний, Н. Н. Пыжик // Вісник Криворізького національного університету. - 2014. - Вип. 37. - С. 64-68.
- 37.Формирование и разработка техногенных месторождений железных и марганцевых руд / А. Г. Шапарь, А.Ю. Вилкул, П. И. Копач, Л. В. Якубенко; ред.: А. Г. Шапарь; НАН Украины, Ин-т пробл. природопользования и экологии. - Д. : Монолит, 2012. - 139 с.
- 38.Техногенні родовища та їх класифікація / Т.А.Олійник, Н.В.Кушнірук, Л.Н.Саїтгарєєв, І.О.Нагнибіда // Збагачення корисних копалин, 2012. – Вип. 50(91).
- 39.Расширение области рационального использования техногенных георесурсов / С.Е.Гавришев, В.Ю.Заляднов, И.А.Пыталев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – №5 - С.252-258.
- 40.Блізнюков В.Г., Луценко С.О., Пижик А.М. Гірнича справа: Навчальний посібник. - Кривий Ріг: ФОП Чернявський, 2014. - 412 с.
- 41.Дриженко А.Ю. Відкриті гірничі роботи: підручник / А.Ю. Дриженко; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т – Д.: НГУ, 2014. – 590 с.
- 42.Гірничий енциклопедичний словник: В 3т. – Донецьк.: Східний видавничий дім, 2001.
- 43.Снитка Н.П., Раимжанов Б.Р., Наимова Р.Ш. Обоснование направлений рационального использования пространственных техногенных ресурсов глубоких карьеров / Разработка месторождений полезных ископаемых. – 2018. – С.59-71.
- 44.Назаренко О.О. Розробка екологічно безпечних будівельних матеріалів на основі сировини техногенних родовищ України. - дипломна робота за другим (магістерським) рівнем вищої освіти. – Харків, 2019. – 78 с.
- 45.Бент О.Й. Техногенні родовища і приріст запасів корисних копалин / О. Й. Бент // Мінералогічний журнал. – 1996. – № 6 (18). – С. 81–84.

- 46.Холодняков Г.А. Формирование и разработка техногенных месторождений полезных ископаемых / Г.А.Холодняков, Е.Б. Гридина // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. – С. 225-227.
- 47.Холодняков Г.А. Экономические основы выбора рациональной схемы склада техногенного месторождения/ Г.А.Холодняков, Е.Б. Гридина // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. – С. 164-170.
- 48.Четверик М. С. Формирование техногенной геологической среды и ее взаимосвязь с природой / М.С.Четверик, Е.А.Бубнова // Вестник Криворожского национального университета, 2010. - Вып. 25. - С. 83–87.