Mining of Mineral Deposits
ISSN 2415-3443 (Online) | ISSN 2415-3435 (Print)
Journal homepage http://mining.in.ua
Volume 10 (2016), Issue 4, pp. 74-82

UDC 658.567:622.17 https://doi.org/10.15407/mining10.04.074

ВИБІР СПОСОБУ РОЗРОБКИ КОРИСНИХ КОПАЛИН З ТЕХНОГЕННИХ РОДОВИЩ ЗА ТЕХНОЛОГІЧНИМ КРИТЕРІЄМ

О. Владико[1], Д. Мальцев[1*], Я. Шаповалов[1]
[1]*Кафедра підземної розробки родовищ, Національний гірничий університет, Дніпропетровськ, Україна*
**Відповідальний автор: e-mail m_dima@3g.ua, тел. +380562472326*

CHOICE OF DEVELOPMENT METHOD FOR TECHNOGENIC MINERAL DEPOSITS BY TECHNOLOGICAL CRITERIA

O. Vladyko[1], D. Maltsev[1*], Ya. Shapovalov[1]
[1]*Underground Mining Department, National Mining University, Dnipropetrovsk, Ukraine*
Corresponding author: e-mail m_dima@3g.ua, tel. +380562472326

ABSTRACT

Purpose. The purpose of the paper is to search for and choose optimal technologies of developing technogenic deposits.

Methods. To achieve the aim, the analysis of selecting the deposit development technologies is used taking into account the type of minerals depending on the structure of deposits and specifics of its formation.

Findings. The sources of dump formation in Ukraine are defined, grouped and separated by percentage. Possible mining technology of technogenic deposits development and recent scientific research into their development are considered. From the list of leaching methods, the most perspective ways of minerals extraction from dumps are selected. Using cluster analysis method, the graphic solution for the choice of optimal method to develop technogenic fields is obtained considering the type of mineral that is planned to be produced, depending on the structure of deposit and specifics of its formation.

Originality. Originality consists in the choice of ways of developing technogenic deposits and their elaboration. Optimal mining methods are determined by cluster analysis.

Practical implications. With the graphic solution, it is possible to choose optimal technology to develop technogenic deposits considering the type of mineral that is planned to be developed and depending on the structure of deposits and specifics of their formation.

Keywords: *technogenic deposits, methods of development, minerals extraction, classification of deposits, production wastes*

1. ВСТУП

Техногенні родовища, які утворюються в результаті роботи гірничодобувних підприємств і збагачувальних фабрик, – це перспективні джерела сировини, що вже давно привертали увагу як інвесторів, так і науковців. Але завжди виникала певна складність роботи з ними з деяких причин, основною з яких є наукоємність. Проте перспективність впровадження технологій переробки не викликає сумнівів і полягає в отриманні додаткової сировини з відходів виробництва за рахунок вилучення максимально можливої корисної копалини.

Щоб окреслити область досліджень потрібно розуміти теперішній стан речей. Тому було визначено розподіл залишків виробництва: близько 20% залишків захоронюється; 40 – 50% – використовується для відсипання низин, пустот, доріг; частина порід, що використовується в будівництві, сягає 10%; реальна частина техногенних родовищ, яка зараз повторно використовується, не перевищує 20%; 30% – не розподілені, а отже потребують визначення способів розробки.

Постановка проблеми. В останні 20 – 25 років оцінка результатів діяльності гірничодобувної промисловості, з точки зору розробки техногенних родовищ, привертає увагу вчених. Це пов'язано не тільки зі зростанням цінності земельних ділянок на території України й комплексного забруднення навколишнього середовища, а й розробки нових підходів до використання та переробки накопичених роками техногенних родовищ. Як відомо, Україна має велику кількість родючих земель, а подібні родовища займають певну територію сільськогосподарських угідь та інших ділянок земель, які можна і потрібно вико-

ристовувати з більшою користю для країни. Окрім цього поводження з відходами гірничодобувної діяльності в Україні спонукало європейців внести до Угоди про асоціацію України і ЄС вимогу про те, що процес подальшої реструктуризації повинен охоплювати всі етапи вугільного виробництва: від видобутку і збагачення до обробки та утилізації відходів. Після цього виникає логічне питання: як можна ефективно використати й переробити існуючі техногенні родовища та організувати наступні?

Ми знаємо, що техногенні родовища – це такі родовища, які формуються з відходів розробки та/або збагачення/переробки корисних копалин. Більшість з них, на час їх формування, створено при відсутності технології переробки, яка була б здатна ефективно вилучити корисний компонент з них.

За останні 60 – 90 років накопичилися відходи виробництва, які зараз можна розробити. Останніми роками спостерігається зростання спроб комплексного або точкового використання таких родовищ тим або іншим чином (Maltsev & Vladyko, 2015). Певну їх частину вже використали для отримання будматеріалів, відсипання дорожнього полотна та інші будівельні потреби і тільки в окремих випадках відправлялися на повторну переробку для отримання корисної копалини. В іншій частині родовищ залишається суттєва кількість корисних компонентів, які, у деяких випадках, можуть перевищувати цінність корисних копалин у надрах землі. Виходячи з цього, виникає потреба систематизувати та розробити комплексні міри щодо освоєння накопичених роками на території України техногенних родовищ.

Виділення невирішених завдань. Для ефективного використання техногенних родовищ треба проаналізувати джерела їх формування, вивчити як діючі способи розробки впливають на створення техногенних родовищ та інші супутні фактори, що пов'язані з цим процесом. Треба розкрити зв'язок між формуванням відвалів та технологіями, що спричинили їх утворення. Це дозволить орієнтуватися у зв'язках "технологія розробки – тип відвалу" та поєднати методи вилучення корисних копалин з техногенних родовищ для ефективного їх видобування. Наступним, за загальними ознаками, потрібно виділити родовища, що розробляються за технологіями залежно від типу та кількості корисної копалини, що видобувається. І, тільки після цього, стає можливим створення таблиці, що дозволяє визначення оптимальної технології розробки техногенного родовища з урахуванням типу корисної копалини, що планується видобувати.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сьогодні є достатньо наукових робіт, пов'язаних з:

– відвалами, що були сформовані після розробки корисних копалин відкритим способом, які повторно розробляються також відкритою розробкою (Aver'yanov, Emel'yanenko, & Gorbatova, 2016).

– розробкою териконів, які утворились після підземної розробки родовищ корисних копалин за допомогою відкритої розробки (Knysh, 2006; Popov, 2007).

– розробкою некодиційних продуктів збагачення корисних копалин методами відкритої розробки родовищ і вилуговуванням (Ilimbetov, Ryp'nikova, & Radchenko, 2008; Rylnikova, Radcenko, & Ilimbertov, 2008).

Для більшості груп відходів авторами було розглянуто способи та технології вилучення корисного компоненту з використанням класичних геотехнологічних способів (Tabachenko, Vladyko, & Khomenko, 2012). Розглянуто можливості застосування методів фізико-хімічної геотехнології, визначення її параметрів і режимів, теорії фільтрації розчинника, видобування елементів з мінеральної речовини в розчин і вилучення цінних компонентів з продуктивних розчинів (Angelov, 2012).

Аналіз існуючих технологічних рішень щодо залучення в експлуатацію відвалів, сформованих після видобутку корисних копалин, показав, що в промислових масштабах такі технології не знайшли широкого застосування (Ilimbetov, Ryp'nikova, & Radchenko, 2008; Rylnikova, Radcenko, & Ilimbertov, 2008).

Пошук ефективних способів видобутку корисних копалин з відвалів різними способами в різні роки проводилися провідними як науково-дослідними і проектними інститутами, так і зарубіжними вченими на рівні технічних проектів. Але є і конкретні наукові роботи, що пов'язані з нестандартним використанням відходів виробництва, еколого-економічною оцінкою впливу на господарську діяльність регіону, оцінкою варіантів використання відходів, тощо (Bryantseva & Dubanov, 2011; Wu, 2013; Volotkovskaya, 2015). Певний досвід використання залишків виробництва як базової сировини для тампонажних розчинів з дослідженням складів таких розчинів має робота (Angelov, 2012). В.В. Харченко в роботі (Kharchenko, 2012) представив організаційний механізм еколого-економічної оцінки й провів вибір варіантів способів розробки териконів, що дозволяє своєчасно приймати раціональні рішення щодо залучення їх у господарську діяльність регіону.

Для оцінки варіантів використання відходів С.М. Поповим (Popov, 2006) запропонована економіко-математична модель для максимізації сумарної, приведеної у часі, величини доходів від реалізації продукції, яка створюється при використанні відходів, та економії екологічних витрат (зниження збитків), що виникають у результаті їх дії на довкілля.

В роботі Ю.А. Волотковської (Volotkovskaya, 2015) автор досліджує теоретичні, методичні та практичні аспекти впливу капіталовкладень на утилізацію териконів від рангу токсичності.

Всі ці науковці розглядали теоретико-методологічні засади екологізації підприємництва за умов глобалізації та трансформації економічних відносин з урахуванням пріоритезації екологічної складової у забезпеченні сталого економічного зростання.

Постановка завдання. Особливої актуальності набувають питання зниження накопичених обсягів відходів гірничодобувних і переробних підприємств, зниження негативного впливу на навколишнє середовище та підвищення ефективності використання корисних копалин. Разом з цим виникає необхідність розглянути та класифікувати технології повторної розробки родовищ; визначити способи їх розробки залежно від корисної копалини (речовини), яка в ній присутня та, виходячи з завдань, запропонувати технології вилучення корисного компонента залежно від типу родовища та корисної копалини.

2. ОСНОВНА ЧАСИНА

Техногенні родовища набувають більш важливого значення у сучасних умовах щодо видобутку та переробки корисних копалин. Для реалізації цього потрібно розглянути роботи та розробити вибір технології розробки цих родовищ.

Щоб забезпечити переробку техногенного родовища потрібно провести комплексний аналіз фізико-механічних та фізико-хімічних властивостей відходів, хімічного складу і структурних характеристик, що дозволить обрати ефективні технології для вилучення корисного компоненту. Крім вимог збільшення ефективності розробки та загальновідомої екологічної складової можна виділити основні причини розробки техногенних родовищ:

– збіднення діючих родовищ, що призводить до збільшення об'ємів техногенних родовищ;

– необхідність більш повного використання отриманої гірничої маси за рахунок комплексної переробки;

– недостатній рівень застосування інновацій у технологію видобування корисних копалин;

– збільшення негативного екологічного впливу за рахунок зростання площі техногенних родовищ;

– посилення відповідальності перед законом за створення та неналежне використання надр.

Далі визначаємо основні напрями використання відвалів залежно від типу відходів. Виходячи з цього, можна згрупувати відвали за технологіями розробки родовищ або їх збагачення, що спричинили їх формування (Ilimbetov, Ryp'nikova, & Radchenko, 2008; Rylnikova, Radcenko, & Ilimbertov, 2008). Відвали можуть бути сформовані від діяльності видобувного або збагачувального підприємства у таких формах та станах:

– відвали, які утворюються після видобутку корисних копалин відкритим способом;

– відвали та терикони від підземного видобутку корисних копалин;

– шламосховища, які утворюються після збагачення або переробки.

Отже, всі відходи можна згрупувати за загальними ознаками, які поділяються за типом корисної копалини, що може бути звідти вилучена та технологією їх розробки. В свою ж чергу, відвали від відкритої розробки діляться на дві основні частини, – відвали від розробки кар'єрів, які розробляють будматеріали та великі підприємства з видобутку марганцю, залізної руди та ін. Терикони від підземної розробки формуються від видобутку металів (залізної й уранової руд, поліметалів та ін.), розробки вугілля і не металічних руд; відходи від збагачувальних фабрик – від збагачення вугілля, металічних і не металічних руд намиванням або сухим збагаченням. Усі ці типи техногенних родовищ із зазначенням часток одиниць від загального обсягу (Рис. 1).

Усі відвали, що були сформовані від ведення гірничих робіт і хвости від збагачувальних фабрик поділяються на три групи:

1 – 60%, відкрита розробка; 1.1 – 15%, відкрита розробка будматеріалів; 1.2 – 15%, відкрита розробка (марганцю та залізної руди); 1.3 – 25% розробка гідромоніторами; 1.4 – 23%, відвали, що сформовані драглайном та транспортно-відвальним мостом; 1.5 – 22%, відвали скельних порід;

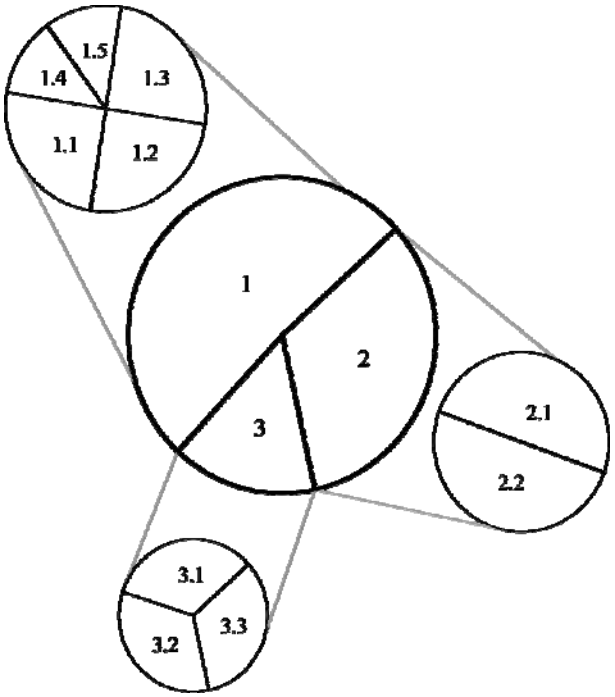

Рисунок 1. Формування техногенних родовищ у частках: 1, 2 – відкрита і підземна розробка родовищ відповідно; 3 – збагачувальна фабрика

2 – 35%, підземна розробка родовищ; 2.1 – 50%, від видобутку руд; 2.2 – 50%, від видобутку вугілля;

3 – 15%, збагачувальні та переробні підприємства; 3.1 – 34%, шлаки та інші відходи від металургійного виробництва; 3.2 – 32%, хвости та шлами, що сформувались у результаті мокрого збагачення (затворення водою, гідроциклонами); 3.3 – 30%, хвости та шлами, що утворились при сухому збагаченні.

Аналізуючи Рисунок 1 та відповідну літературу з формування відвалів (Angelov, 2012), можемо визначити способи їх формування. При відкритій розробці формуються внутрішні й зовнішні відвали та відвали на косогорах. Такі відвали, як правило, облаштовують на невеликій відстані від підприємства, де видобувається корисна копалина, що пов'язано з економічними показниками транспортування порід на відвал та особливостями устаткування. Інші типи відходів формуються за схожими стримуючими факторами з відображенням зв'язків технології, що створює тип відвалу (Рис. 2).

Питання видобутку і розробки відвалів з'являється після сформованого відвалу. Вік відвалів для видобування можна розділити на три частини: перша – 1 – 5 років; друга – 5 – 15 років; третя – 15 – 80 років. Вік відвалу впливає на фізико-механічні властивості порід, їх щільність, злежуваність та водопроникність.

Приймаючи рішення про відробку відвалів, окрім основного чинника, як вміст корисного компоненту, для вилучення з відвалу треба враховувати і такі фактори як методи формування відвалів, їх вік і властивості ґрунтів, які вміщую відвал.

Маючи джерела формування техногенних родовищ та вплив частин кожного з них, пропонується згрупувати методи вилучення корисних компонентів, що містяться у техногенних родовищах (Рис. 3).

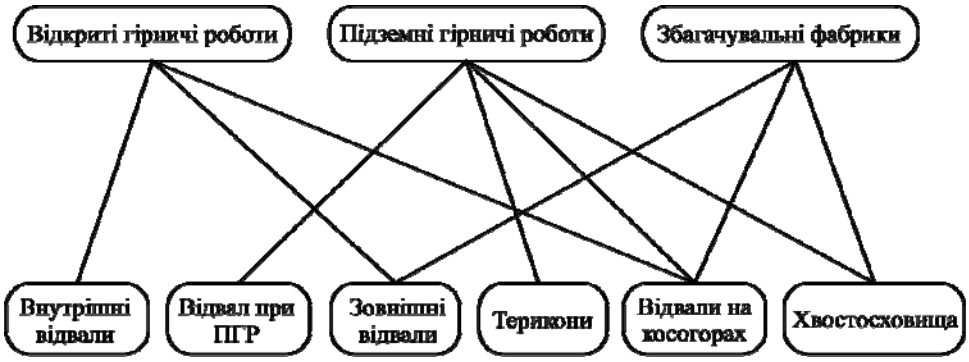

Рисунок 2. Зв'язки формування відвалів залежно від технології їх створення

Вибір засобів відпрацювання техногенних родовищ залежить від фізико-механічних властивостей порід (міцність, фільтраційні властивості й т.п.), гірничо-геологічних умов, технічних (устаткування, яке використовується для видобутку порід, транспортування та допоміжних робіт), технологічних (режим видобування, схема під'їзду транспорту та ін.), організаційних (терміни підготовки до видобутку, кількість змін та ін.), економічних (собівартість видобутку продукції, продуктивність праці, розмір прибутку та ін.) чинників.

На основі систематизованих методів вилучення корисного компоненту з техногенного родовища (Рис. 3) можемо сказати, що основним способом розробки техногенних родовищ є спосіб розробки, який поділяється на видобування механічними лопатами та роторним або цеповим (ланцюговим) екскаваторами. Таким чином, за своїми технічними характеристиками устаткування повинно підходити та бути відповідними один одному. Для досягнення ефективної роботи для даних умов можна використати певні комплекси обладнання.

Рисунок 3. Методи вилучення корисних компонентів, що містяться в техногенних родовищах, за різними технологіями

Першим розглянемо спосіб відкритої розробки, в результаті якої відвал було сформовано. Маючи певні знання з того як він був утворений, можемо сказати, що їх розміри сягають 20 м у висоту і їх верхня частина розрівнюється бульдозерами. Підошва відвалу формується на твердій основі породами з високим коефіцієнтом міцності. Залежно від призначення ми розробляємо спосіб їх розробки. Таке родовище буде розроблятись з використанням екскаваторів і з наступним завантаженням в автотранспорт, який доставляє її до подрібнюючого бункера. Після цього отримана сировина проходить попередню переробку та передається до потужностей споживача. Такий хід дій дозволяє розрізнити основні процеси при розробці родовища за допомогою екскаваторів з механічною лопатою: підготовку гірських порід до виймання шляхом розпу-

шення; навантаження гірничої маси в транспортні засоби; транспортування автотранспортом гірничої маси до бункерів, де виконується її подрібнення.

Окрім основних технологічних процесів виконуються і допоміжні роботи: підготовка дорожнього полотна, проведення ліній електропостачання і т.п. (Tabachenko, Vladyko, & Khomenko, 2012).

Наступним способом розробки техногенних родовищ є безперервна технологія з використанням устаткування потокової дії, такі як: роторні або цепові (ланцюгові) екскаватори. Роторні екскаватори можуть використовуватися при невеликій потужності родовища, оскільки при збільшенні потужності до певного рівня вони стають економічно не рентабельні. Цепові екскаватори можуть відпрацьовувати родовище двома різними заходками, що дозволяє використовувати його для зменшення маневрів. При застосуванні роторних і цепових (ланцюгових) екскаваторів породи повинні мати певний гранулометричний склад і розміри самого родовища повинні коливатися у певних межах.

Третім способом розробки техногенних родовищ є вилуговування. Він передбачає багато наукових розробок та експериментальних досліджень. Ця технологія поділяється на два основні види: вилуговування в штабелях із застосуванням сітки перфорованих труб та вилуговування техногенного родовища за допомогою свердловин. Розглянемо основні процеси вилуговування в штабелях. Даний спосіб передбачає певне формування техногенного родовища. Його заздалегідь готують до такого способу переробки під час видобувних робіт та під час формування відвалу. Порядок формування штабеля складається з наступних поступових кроків: у першу чергу формують основу з твердих порід, потім формують гідроізоллюючий шар з водонепроникних матеріалів та сітку відводних каналів для збору розчинів, після чого безпосередньо формують штабель певного розміру і зверху формують сітку з перфорованих труб з розприскувачем. Сам же процес вилуговування полягає у періодичному зрошенні поверхні штабеля розчинником і збору кондиційних розчинів приймальною системою (Рис. 4). Після певного часу продуктивний розчин відводять на сорбційні установки. Як приклад, у результаті вилуговування окислених або напівокислених мідних руд з вмістом 0.16 – 0.7% міді ми отримуємо кондиційний розчини із вмістом до 2.5 г/л міді і 7.0 г/л заліза. Загальна принципова схема вилуговування штабеля із застосуванням перфорованих труб та розповсюдження розчинника представлена на Рисунку 4.

На Рисунку 4 представлено техногенне родовище, що має потужність 20 – 25 м прямокутної форми та розмірами сторін 50×100 м. Ця технологія вилуговування передбачає формування певної конструкції штабеля з подавальними *3* та *4* і приймальними *8* системами.

Наступним розглянемо вилуговування родовища за допомогою свердловин. Цей спосіб передбачає меншу кількість підготовчих робіт, ніж попередній, але й з нижчою ефективністю (менша на 30 – 50%), оскільки під час його формування він не планувався для повторної розробки вилуговуванням.

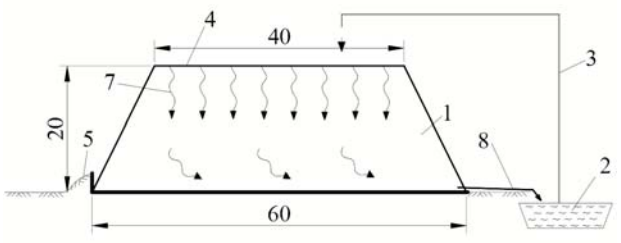

Рисунок 4. Загальна принципова схема вилуговування штабеля: 1 – штабель; 2 – резервуар для збору розчину, який при досягненні певної концентрації вилуговування зупиняється та розчин вилучається; 3 – трубопровід для подачі розчину у систему зрошення; 4 – система зрошення; 5 – насип для організації водотривкого шару; 6 – водотривкий шар із загальним похилом до 5°; 7 – напрямок руху вилуговування; система труб для збору продуктивного розчину; 8 – напрямок зливу розчину

Для забезпечення такого вилуговування потрібно розмістити подавальні та приймальні свердловини таким чином, щоб розчин поступово рухався від подавальних до приймальних свердловин (Рис. 5).

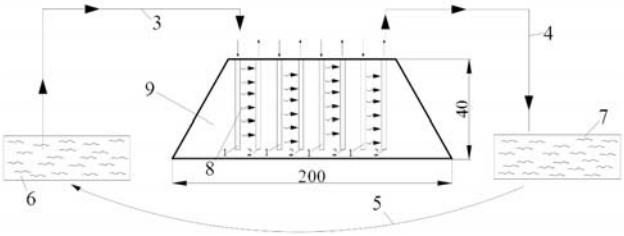

Рисунок 5. Загальний вигляд техногенного родовища, що придатне для відпрацьовування вилуговуванням із застосуванням свердловин: 1 – свердловини для подачі розчину (закачувальні свердловини); 2 – свердловини для видачі розчину; (відкачувальні свердловини); 3 – система подачі розчину; 4 – система видачі продуктивного розчину; 5 – система зв'язку між резервуаром подачі й видачі для контролю концентрації розчину, що отримується; 6 – резервуар для розчину для вилуговування; 7 – резервуар для збору продуктивного розчину; 8 – напрямок руху розчину в масиві під час вилуговування; 9 – штабель

Схема вилуговування із використанням свердловин базується на постійному або періодичному русі фільтраційного потоку реагенту через рудну зону за рахунок різниці напорів у розчиноподавальних (закачувальних) і розчиноприймальних (відкачувальних) свердловинах. При цьому фільтраційний потік заповнює усі тріщини й відкриті пори в масиві або порожнини у техногенному родовищі.

Наступна технологія (Рис. 3), яку ми розглянемо, буде технологія вибірки, що, в свою чергу, поділяється на два способи: ручна вибірка та автоматична вибірка (збагачення грохотами). Послідовно розкриємо кожен із цих способів окремо. Перший – ручна вибірка великих шматків вугілля. Вона здійснюється на вугільних видобувних підприємствах на шляху

до відвалу або прямо на відвалах. Цей спосіб дозволяє вибрати вугілля з розміром шматків від 50 до 150 мм. Шматки вугілля відбирають орієнтуючись по зовнішнім ознакам кольору і блиску. Дрібні й не відібрані шматки вугілля губляться безповоротно в породних відвалах.

Для зниження втрат вугілля й зменшення ручної роботи важливо механізувати процес вилучення вугілля з відвалів, а також забезпечити можливість їх переробки на механізованих установках – це другий спосіб вибірки. Сутність цього способу полягає у тому, що відвальну породу переробляють на спеціально побудованих для цих цілей збагачувальних установках (грохотах) прямо на відвалі, в результаті чого є змога отримати вугілля зольністю біля 20%, яке після додаткової переробки може бути використане як паливо.

Для використання гідророзмиву потрібно, щоб склалися декілька умов: відносно близьке розташування водної артерії; можливість спорудити великий відстійник; у більшій кількості відвалу повинні бути присутні глиняні та піскові фракції; корисний компонент повинен мати фізичну властивість осідати (вимиватися). Найбільш придатні для такого способу розробки є відходи збагачувальних фабрик, які намивалися і вже мають змінені фізико-механічні властивості порід, інфраструктуру та інші показники, що підходять для осадження. Після чого можна вже проводити остаточну утилізацію відходів (Ilimbetov, Ryp'nikova, & Radchenko, 2008).

Виходячи з аналізу (Angelov, 2012; Knysh, 2006), для відвалів, що можуть бути відпрацьовані, доцільно зазначити співвідношення певних корисних копалин та задіяні технології їх вилучення. За цими критеріями створимо два наступних рисунки. Спершу зазначимо як поділяється розробка з техногенних родовищ по типу корисної копалини, що видобувається (Рис. 6), а вже потім розглянемо класифікацію за технологіями, які забезпечують цей видобуток (Рис. 7).

Рисунок 6. Розподіл технологій, що можуть застосовуватися при розробці техногенних родовищ у частках: 1, 2, 3, 4 – сектори (частки)

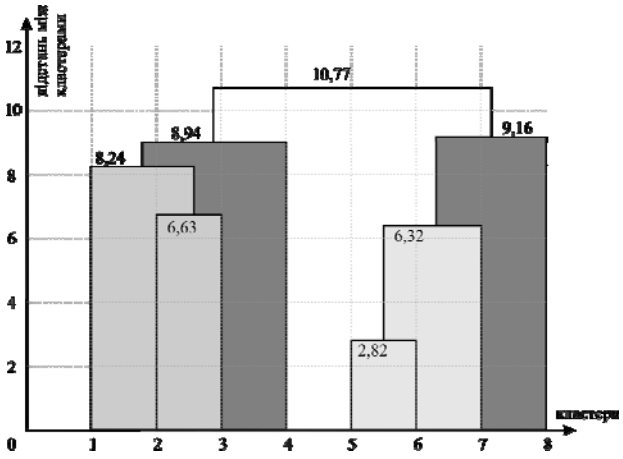

Рисунок 7. Дендрограма класифікації об'єктів

Використовуючи літературу (Ilimbetov, Ryp'nikova, & Radchenko, 2008; Rylnikova, Radcenko, & Ilimbertov, 2008) та власний досвід, ми орієнтовно розділили розробку 100% відвалів на певні чотири сектори: перший сектор складає близько 74% від загального обсягу існуючих відвалів, які можна відпрацювати тільки відкритою технологією розробки (механічною лопатою та роторним або ланцюговими екскаваторами) при отриманні з них будматеріалів (Рис. 3); другий сектор – близько 15% техногенних родовищ можна відпрацювати за допомогою гідророзмиву при отримані заліза, міді, нікелю та інших відповідних корисних копалин, придатних до вимивання; третій сектор – до 6% можна відпрацювати технологією вилуговування для отримання поліметалів, урану, міді, нікелю та інших відповідних корисних копалини придатних до вилуговування; четвертий сектор – до 4% із застосуванням вибірки.

Аналіз можливих елементів поєднання способів розробки родовищ корисних копалин вказує на необхідність підбору способів розробки з відвалів, які дозволяють ефективно отримувати корисну копалину. Спираючись на дані формування техногенних родовищ у частках (Рис. 1), зв'язки формування відвалів залежно від технології їх створення, методи вилучення корисних компонентів, що містяться в техногенних родовищах за різними технологіями (Рис. 3) і технологія, що може бути застосована при розробці техногенного родовища по секторах (Рис. 6), сформуємо певні когнітивні зв'язки. Цей зв'язок та його потужність описується між причиною формування техногенних родовищ та їх розробкою. Виходячи з цього, у нас проявляються чотири типи зв'язків, кожний з яких має місце у всіх секторах.

Потужний зв'язок:

- відкрита розробка:
  - розробка гідромоніторами;
  - відвали скельних та м'яких порід;
- підземна розробка:
  - від видобутку вугілля;
- збагачувальні та переробні фабрики:
  - шлаки та інші відходи від металургійного виробництва;
  - хвости та шлами, що сформовані в результаті мокрого збагачення.

Середній зв'язок:

- відкрита розробка:
  - розробка гідромоніторами;
  - відвали скельних порід;
  - відвали м'яких порід;
- підземна розробка:
  - від видобутку руд;
  - від видобутку вугілля;
- збагачувальні та переробні фабрики:
  - хвости та шлами, що сформовані в результаті мокрого збагачення;
  - хвости та шлами, що сформовані при сухому збагаченні.

Слабкий зв'язок:

- відкрита розробка:
  - відвали м'яких порід;
- підземна розробка:
  - від видобутку руд.

Відсутній зв'язок:

- відкрита розробка:
  - розробка гідромоніторами;
  - відвали скельних порід;
- підземна розробка:
  - від видобутку руд;
  - від видобутку вугілля;
- збагачувальні та переробні фабрики:
  - шлаки та інші відходи від металургійного виробництва;
  - хвости та шлами, що сформовані в результаті мокрого та сухого збагачення.

Такий розподіл нагадує матричну основу, що дозволяє провести кластерний аналіз та окреслити кола застосування певних технологій розробки техногенних родовищ, виходячи з джерела формування відвалів.

Для аналізу сформуємо таблицю, де цифрами від 1 до 8 покажемо технології формування родовищ, від x_1 до x_4 – способи розробки техногенних родовищ. Зв'язок між технологіями буде визначатися від 0 до 10 залежно від шкали пріоритизації розробки родовища.

Таблиця 1. Ваговий показник зв'язку розробки техногенних родовищ від способу їх формування

№ з/п	x_1	x_2	x_3	x_4
1	8	8	8	8
2	10	0	4	0
3	10	6	6	2
4	8	0	0	0
5	0	6	8	0
6	0	4	6	0
7	4	0	4	2
8	6	0	0	10

Таблиця 2. Результати ієрархічної класифікації об'єктів технології розробки техногенного родовища

№ з/п	1, 2, 3	4	5, 6, 7	8
1, 2, 3	0.00	8.94	4.47	11.48
4	8.94	0.00	10.77	14.42
5, 6, 7	4.47	10.77	0.00	9.16
8	11.48	14.42	9.16	0.00

Скористаємося агломеративним ієрархічним алгоритмом класифікації. За відстань між об'єктами приймемо звичайну евклідову відстань, що відповідно до формули становить:

$$p(x_i x_j) = \sqrt{\sum_{l=1}^{k} \left(x_{il} - x_{ji}\right)^2}\ , \qquad (1)$$

де:

l – ознаки факторів, що розглядаються;

k – кількість ознак;

x_i, x_j – координати i-го та j-го класів відповідно, де i та j – номери двох будь-яких значень фактору.

За методом Уорда спочатку обчислюються відстані $p_{i,j}$ між усіма значеннями фактору. Потім об'єднуються два значення з найменшою відстанню $p_{i,j}$ і розраховуються відстані від усіх інших значень до новоутворень класів. Далі знову об'єднуються два значення (або класи) з найменшою відстанню $p_{i,j}$ і так далі до утворення бажаного числа класів (Табл. 2).

Результати ієрархічної класифікації об'єктів представлені на Рисунку 7 у вигляді дендрограми.

Результати розрахунків дозволяють розробити таблицю визначення оптимальної технології розробки техногенного родовища з урахуванням типу корисної копалини, що планується видобувати, технології та структури формування самого техногенного родовища (Рис. 8).

Виходячи з результатів дослідження можна стверджувати, що перший кластер формується відкритою розробкою зі створенням найбільших об'ємів відвалів (отримані корисні копалини широко використовуються у будівництві); другий кластер – шлаки та відходи металургійного виробництва, що утворюються після спікання порід (отримані корисні копалини широко використовуються у будівництві); третій кластер – хвости і шлами від збагачення та видобутку руд, які є найбільш перспективні для відпрацювання геотехнологічними способами розробки; четвертий кластер – технологія вибірки корисних копалин, яка дозволяє отримати вугілля високої якості, але зі значними витратами ручної праці (кількість чол.-год.).

3. ВИСНОВКИ

1. Визначено та згруповано джерела формування відвалів за технологіями розробки родовищ або їх збагачення, що спричинили їх утворення на території України.

2. Розглянуто можливі технології видобутку корисних копалин з техногенних родовищ і виділено з великого переліку найбільш перспективні шляхи вилучення корисних копалин.

3. Визначено застосування фізико-хімічної геотехнології для видобутку і вилуговування із зазначенням принципових схем та основних технологічних параметрів розробки.

4. Розроблено графічне рішення вибору оптимальної технології розробки техногенного родовища з урахуванням типу корисної копалини, що планується видобувати, яке залежить від структури родовища та особливостей його формування.

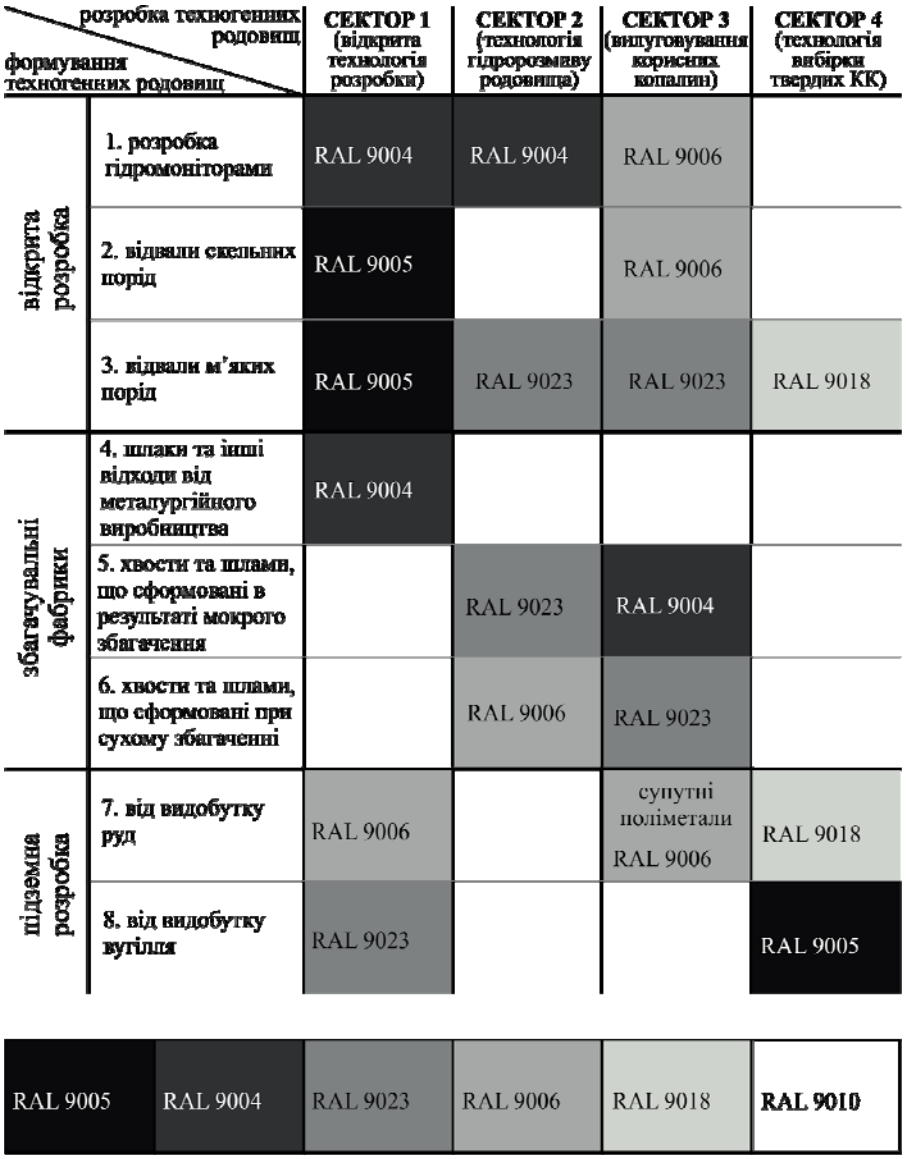

Рисунок 8. Представлення визначення оптимальної технології розробки техногенного родовища з урахуванням типу корисної копалини, що планується видобувати, та структури родовища, де шкала пріоритизації застосування системи розробки техногенного родовища, залежно від джерела та способу його формування, зазначено кодом кольору у міжнародному форматі RAL від найбільш пріоритетного (ліворуч) до мало вірогідного (праворуч)

ВДЯЧНІСТЬ

Робота виконана в рамках науково-дослідної роботи "Наукове обґрунтування та розробка енергоефективних маловідходних технологій видобування вуглеводневої та мінеральної сировини" у ДВНЗ "Національний гірничий університет".

REFERENCES

Angelov, V. (2012). *Obosnovanie sposobov podgotovki tekhnogennogo syr'ya dlya effektivnogo ispol'zovaniya pri kompleksnom osvoenii medno-kolchedannykh mestorozhdeniy*. Magnitogorsk: Magnitogorskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiy universitet.

Aver'yanov, K., Emel'yanenko, E., & Gorbatova, E. (2016). Ispol'zovanie porodnykh otvalov v kachestve dopolnitel'nogo istochnika mineral'nogo syr'ya pri kompleksnom osvoenii medno-kolchedannykh mestorozhdeniy Yuzhnogo Urala. In *Vserossiyskaya molodezhnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya* (pp. 82-88). Ekaterinburg: Problemy nedropol'zovaniya.

Bryantseva, O, & Dubanov, V. (2011). The Environmental Accountability of Efficiency Evaluation of Processing Technogenic Formations. *Economy of Region*, 209-213. https://doi.org/10.17059/2011-2-25

Ilimbetov, A., Ryp'nikova, M., & Radchenko, D. (2008). Razrabotka tekhnologii formirovaniya i kompleksnogo osvoeniya tekhnogennykh mestorozhdeniy na osnove otkhodov pererabotki rud. *Gornyy iformatsionno-analiticheskiy byulleten*, (4), 247-256.

Kharchenko, V. (2012). Ekologo-ekonomicheskaya otsenka i vybor sposobov razrabotki porodnykh otvalov Vostochnogo Donbassa. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (10), 92-97.

Knysh, I. (2006). Perspektyvy vykorystannia vidkhodiv vuhilnoi promyslovosti Lvivshchyny jak novoi mineralnoi syrovyny. *Visnyk Lvivskoho universytetu*, (20), 111-123.

Maltsev, D., & Vladyko, O. (2015). Novyy podkhod k dobyche urana dlya Novokonstantinovskogo mestorozhdeniya. *Heotekhnichna mekhanika*, (120), 202-212.

Popov, S. (2006). Printsipy formirovaniya napravleniy ispol'zo-vaniya ugleotkhodov. *Ekologiya i ekonomika gornogo dela*, 41-47.

Popov, S. (2007). Analiz faktorov vliyayushchikh na vybor napravleniy ispol'zovaniya otkhodov. *Gornyy iformatsionno-analiticheskiy byulleten*, (6), 58-62.

Rylnikova, M., Radcenko, D., & Ilimbertov, A. (2008). K obosnovaniyu parametrov tekhnologii utilizatsii otkhodov obogashcheniya rud v vyrabotannom prostranstve kar'yerov. *Marksheyderskiy vestnik*, (5),8-14.

Tabachenko, M., Vladyko, O., & Khomenko, O. (2012). *Fizyko-khimichna heotekhnolohiia*. Dnipropetrovsk: Natsionalnyi hirnychyi universytet.

Volotkovskaya, Y. (2015). Obosnovanie napravleniya kapitalovlozheniy pri utilizatsii terrikona s ispol'zovaniem ranga toksichnosti. *Ekonomichnyi prostir*, (100), 232-241.

Wu, D. (2013). Analysis on Complexity of Integrated Development of Artery Mining Industry and Vein Mining Industry. *Applied Mechanics and Materials*, (448-453), 3830-3836. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.448-453.3830

ABSTRACT (IN UKRAINIAN)

Мета. Пошук та вибір оптимальних технологій розробки техногенних родовищ.

Методика. Для досягнення мети використаний аналіз вибору технологій розробки техногенних родовищ з урахуванням типу корисної копалини, яка залежить від структури родовища та особливостей його формування.

Результати. За певними ознаками визначено, згруповано та рознесено на частки джерела формування відвалів на території України. Розглянуто можливі технології видобутку корисних копалин з техногенних родовищ й останні роботи науковців у їх розробці. З великого переліку технологій вилуговування виділено найбільш перспективні способи видобутку корисних копалин з відвалів. Методом кластерного аналізу отримано графічне рішення вибору оптимальної технології розробки техногенного родовища з урахуванням типу корисних копалин, що планується видобувати, яке залежить від структури родовища та особливостей його формування.

Наукова новизна. Наукова новизна полягає у виборі способів розробки техногенних родовищ. Визначено методом кластерного аналізу оптимальні технології розробки корисних копалин.

Практична значимість. За допомогою графічного рішення з'являється можливість вибору оптимальної технології розробки техногенного родовища з урахуванням типу корисної копалини, що планується розробляти і яка залежить від структури родовища та особливостей його формування.

Ключові слова: *техногенне родовище, способи розробки, вилучення мінералів, класифікація родовищ, відходи виробництва*

ABSTRACT (IN RUSSIAN)

Цель. Поиск и выбор оптимальных технологий разработки техногенных месторождений.

Методика. Для достижения цели использован анализ выбора технологий разработки техногенных месторождений с учетом типа полезного ископаемого, которые зависят от структуры месторождения и особенностей их формирования.

Результаты. По определенным признакам выявлено, сгруппировано и разнесено на части источники формирования отвалов на территории Украины. Рассмотрены возможные технологии добычи полезных ископаемых из техногенных месторождений и последние работы ученых в их разработке. Из большого перечня технологий выщелачивания выделены наиболее перспективные способы добычи полезных ископаемых из отвалов. Методом кластерного анализа получено графическое решение выбора оптимальной технологии разработки техногенного месторождения с учетом типов полезных ископаемых, которые планируются добывать и зависящие от структуры месторождений и особенностей их формирования.

Научная новизна. Научная новизна заключается в выборе способов разработки техногенных месторождений. Определены методом кластерного анализа оптимальные технологии разработки полезных ископаемых.

Практическая значимость. С помощью графического решения появляется возможность выбора оптимальной технологии разработки техногенного месторождения с учетом типа полезного ископаемого, которое планируется разрабатывать и зависящая от структуры месторождения и особенностей его формирования.

Ключевые слова: *техногенное месторождение, способы разработки, изъятие минералов, классификация месторождений, отходы производства*

ARTICLE INFO

Received: 07 October 2016
Accepted: 01 December 2016
Available online: 30 December 2016

ABOUT AUTHORS

Oleksandr Vladyko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Underground Mining Department, National Mining University, 19 Yavornytskoho Ave., 4/58, 49005, Dnipropetrovsk, Ukraine. E-mail: labprm1@rambler.ru

Dmytro Maltsev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Underground Mining Department, National Mining University, 19 Yavornytskoho Ave., 4/61, 49005, Dnipropetrovsk, Ukraine. E-mail: m_dima@3g.ua

Yakiv Shapovalov, Assistant Professor of the Underground Mining Department, National Mining University, 19 Yavornytskoho Ave., 1/138a, 49005, Dnipropetrovsk, Ukraine. E-mail: yahashapovalov@gmail.com