

ТЕХНОЛОГІЯ ВІДПРАЦЮВАННЯ ТЕХНОГЕННОГО РОДОВИЩА ВІДКРИТИМИ РУДОСКАТАМИ

© I. Hryhoriev, Yu. Hryhoriev, V. Usachov, M. Jevtushenko

TECHNOLOGY OF MINING TECHNOGENIC DEPOSITS USING OPEN ORE PASSES

Мета. Ускладнення умов ведення відкритих гірничих робіт і ринкова кон'юнктура вимагають пошуку нових, економічно доцільніших підходів до ведення відкритих гірничих робіт. Комплексне освоєння родовищ є одним з перспективних напрямків покращення техніко-економічних показників роботи гірничо-видобувних підприємств. Цілеспрямоване формування техногенних родовищ із необхідними параметрами і подальше їх відпрацювання є одним з основних напрямів комплексного освоєння. Існуючі технології формування і відпрацювання техногенних родовищ не позбавлені недоліків і вимагають подальшого вдосконалення. Особливої уваги заслуговують параметри техногенних родовищ, зокрема їх геометрична ємність і виробнича потужність. Метою даної роботи є розробка нової технології відпрацювання техногенного родовища насипного типу, пошук взаємозв'язків його параметрів та їх подальша оптимізація для покращення техніко-економічних показників відпрацювання.

Методика. В роботі виконано аналіз та синтез наукових джерел, патентний пошук для виявлення технології-прототипу, застосовано теорію вирішення винахідницьких задач для розробки нової технології відпрацювання техногенного родовища. Виконано математичне моделювання головних параметрів техногенного родовища.

Результати. Розроблено технологію відпрацювання техногенного родовища насипного типу за допомогою пневмоколісних навантажувачів та відкритих рудоскатів, що забезпечує кращі техніко-економічні показники, ніж технологія-прототип. Отримано математичні залежності сукупного впливу виробничої потужності і ємності техногенного родовища на техніко-економічні показники розробки.

Наукова новизна. Встановлено залежність оптимальних значень місткості та виробничої потужності техногенного родовища, що забезпечують найкращі техніко-економічні показники формування та відпрацювання техногенного родовища. Виявлено, що місткість техногенного родовища має більший вплив на питому собівартість формування та відпрацювання техногенного родовища, ніж його виробнича потужність.

Практична значимість. Результати виконаних досліджень можуть бути використані проєктними організаціями і гірничодобувними підприємствами при проєктуванні розробки техногенних родовищ насипного типу.

Ключові слова: техногенне родовище, відкритий рудоскат, пневмоколісний навантажувач, ємність техногенного родовища, виробнича потужність техногенного родовища.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. В результаті діяльності гірничодобувної та гірничо-переробної промисловостей на поверхні планети накопичилися мільярди кубічних метрів відходів виробництва у вигляді розкритих порід, шлаків, шлаків, золи тощо, які негативно впливають на навколишнє середовище, а тому проблема їх утилізації має світове значення. Вона особливо актуальна для України, яка має потужну гірничорудну промисловість і займає сьоме місце у світі за обсягами виробництва мінераль-

ної сировини. З її надр щорічно видобувається більше 2 млрд. т гірської маси, 60-70% якої складається у відвали. Однак, рівень використання відходів виробництва сягає лише 12-15%, в той час як в передових країнах світу він досягає 80%. Тенденція використання вторинних ресурсів спостерігається в США, Японії, Канаді, Великобританії, Франції, Німеччині, ПАР та інших індустріально розвинутих країнах.

Для умов Криворізького залізорудного басейну, який є одним з найбільших гірничодобувних регіонів світу, питання комплексного освоєння родовищ й залучення у вторинну переробку відходів гірничого виробництва набуває все більшої значущості. За різними оцінками, у відвалах та хвостосховищах Криворізьких гірничо-збагачувальних комбінатів міститься до 13 млрд. т розкритих порід та до 6 млрд. т відходів збагачення бідних залізних руд, а щорічний економічний збиток від забруднення навколишнього середовища оцінюється в 300 млн. доларів. При цьому більше половини обсягів відвалів гірничодобувних підприємств, 20% відходів збагачувальних фабрик і в повному обсязі відходи металургійної переробки гірничо-металургійного комбінату «АрселорМіттал Кривий Ріг» являють собою залізорудну сировину з показниками, що відповідають вимогам збагачувальних підприємств. Тому можна впевнено стверджувати, про суттєву сировинну базу вторинних мінеральних ресурсів [1, 2].

В той же час перспектива розвитку гірничого виробництва характеризується зростанням обсягів видобутку корисних копалин при постійному зниженні їх якості та ускладненні умов експлуатації природних родовищ. Отже, в майбутньому у розробку будуть залучатися родовища з рудами низької якості, зіставні з рудами техногенних родовищ. Тому, безперечно, накопичені відходи гірничого виробництва, що можуть являти собою техногенні родовища, з плином часу перетворюються на один з важливих джерел мінеральної сировини.

Проте в результаті безсистемного складування мінеральної сировини значно підвищуються витрати на наступну розробку цих мінеральних об'єктів, оскільки збільшується обсяг робіт по переєкскавації гірничої маси для виймання порід необхідного типу. В більшості випадків відпрацювання мінеральних об'єктів, сформованих таким чином, пов'язане із великими кількісними і якісними втратами, а тому в більшості випадків їх експлуатація стає економічно недоцільною.

Зважаючи на це, питання розробки технології формування і відпрацювання техногенного родовища з оптимальними параметрами, які б забезпечували максимальну ефективність його освоєння зберігає свою актуальність і потребує подальших досліджень.

Аналіз досліджень та публікацій. В роботах [3-6] досліджено питання комплексного освоєння техногенних родовищ, закладені основні терміни і поняття, запропоновано способи формування техногенних родовищ. Виявлено, що існує ряд схем селективного складування тимчасово некондиційних корисних копалин, які в загальному вигляді зводяться до основних способів, наведених авторами в роботі [6]:

1. складування кожного окремого виду сировини на своїй, відокремленій в плані ділянці поверхні;

2. складування на одній ділянці різних видів сировини з поділом їх у плані;
3. складування на одній ділянці різних видів сировини з поділом їх по висоті;
4. складування з використанням комбінації другого і третього способів.

Окрім того, були виявлені методичні принципи цілеспрямованого формування техногенних родовищ із заданими параметрами [7], що можуть бути зведені до наступних положень:

1. незалежне складування та відпрацювання тимчасово некондиційних руд і побіжних корисних копалин в просторі і часі (у відповідності до режиму гірничих робіт в кар'єрі і ринкової кон'юнктури);
2. мінімальні площі відчужених земель;
3. мінімальні обсяги об'ємів переєкставації при розробці техногенного родовища та зменшення кількісних і якісних втрат мінеральної сировини;
4. мінімальні відстані транспортування тимчасово некондиційних руд та побіжних корисних копалин при складуванні і відпрацюванні техногенного родовища.

Однак перелічені технології селективного складування передбачають розкриття родовища після його відсіпки шляхом проходки відкритих траншей. Принципово відрізняється від описаних вище схем, але відповідає зазначеним принципам, технологія формування техногенних родовищ із закладенням системи тунелів і рудоспусків, описана у роботах [8, 9]. Пропонована технологія передбачає розкриття техногенного родовища, як об'єкту розробки, ще на етапі формування. Тобто під час відсіпки техногенного родовища забезпечується вантажотранспортний зв'язок кожного ярусу із поверхнею підшоши техногенного родовища шляхом закладки кріплення горизонтальних і вертикальних виробок. Розроблена технологія дозволяє зменшити витрати на розробку техногенного родовища і підвищити повноту виїмки корисної копалини за рахунок спрощення доступу виймального обладнання до корисної копалини. Незважаючи на це, дана технологія має ряд недоліків:

1. Формування і відпрацювання техногенного родовища за даним способом передбачає суттєві капітальні витрати на етапі будівництва. При цьому 17 % з них складають витрати на закладення системи кріплень, що пояснюється складністю монтажних робіт і високою вартістю застосовуваних матеріалів.
2. Кріплення, що знаходяться в товщі техногенного родовища, особливо горизонтальні тунелі, вимагають періодичного метрологічного контролю, адже вони знаходяться у постійно напруженому стані.
3. Закладення системи вертикальних кріплень передбачає лише бульдозерний периферійний спосіб відвалоутворення. Для нього характерний практично рівномірний розподіл негабариту по товщі техногенного родовища. З цього випливає наступний недолік.
4. За даної технологічної схеми із розміщенням вібраційних живильників внизу вертикальних виробок є вірогідність забутовки негабаритом. Пропонована технологічна схема вимагає рівномірного гранулометричного складу без негабариту, а це підвищує вплив людського фактору, адже машиніст пневмоколі-

сного навантажувача при відпрацюванні забоїв має слідувати за розміром максимального куска.

Постановка задачі. Зважаючи на зазначені недоліки існуючих технологій формування та відпрацювання техногенного родовища, зокрема прототипу, питання розробки нової, більш досконалої технології залишається актуальним і надалі. Для умов розробленої технології слід виконати оптимізацію головних параметрів техногенного родовища за економічним критерієм.

Викладення матеріалу та результати. Виходячи із наведених вище недоліків і методичних принципів цілеспрямованого формування техногенних родовищ, було розроблено нову технологію відпрацювання техногенного родовища із відкритими рудоскатами (рис 1).

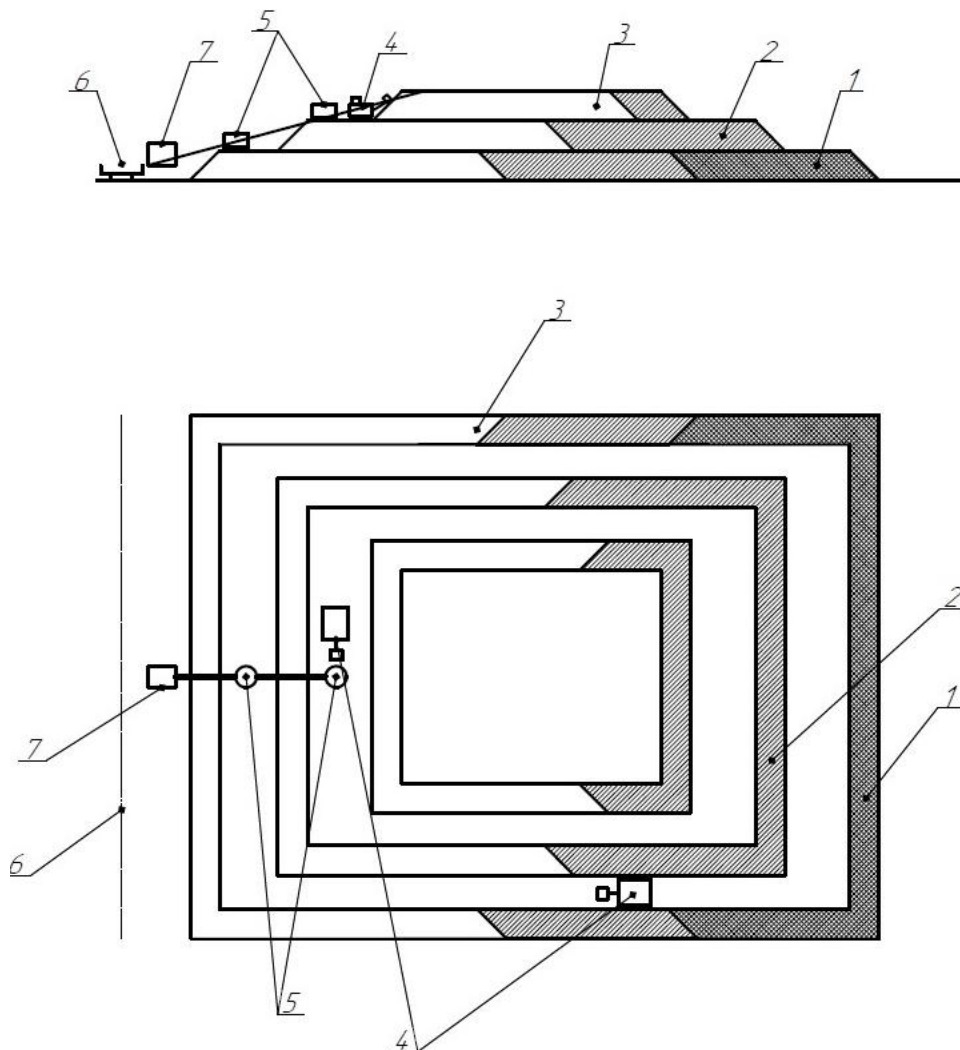


Рис. 1. Схема технології відпрацювання техногенного родовища із застосування відкритих рудоскатів: 1,2,3 – види корисних копалин; 4 – пневмоколісний навантажувач; 5 – приймальна ємність рудоскату; 6 – засоби залізничного транспорту; 7 – вібраційний живильник

Формування техногенного родовища виконується за відомими технологіями складування. Види корисних копалин (1, 2, 3) можуть бути розділені в плані і по висоті. Після відсіпки техногенного родовища або виходу певного його

борту на проектний контур на ньому може формуватися рудоскат у вигляді відкритого жолобу. В залежності від проектної потужності, розмірів техногенного родовища і куту нахилу борту, відкритий рудоскат може бути мобільним чи стаціонарним. Мобільний рудоскат монтується на опорах, що встановлюються по борту техногенного родовища. Стаціонарний рудоскат розміщується у похилій траншеї. Для зменшення кута нахилу відкритого рудоскату його поверхня може бути футерована сталлю чи іншими матеріалами. В нижній частині рудоскату розміщується бункер-перевантажувач, обладнаний вібраційним живильником.

При виборі місця розташування технологічного комплексу слід враховувати ефективну відстань транспортування колісного навантажувача (4), що обмежується 500 м.

Спосіб відпрацювання техногенного родовища реалізується наступним чином. Колісний навантажувач (4) виймає із забою необхідний сорт корисної копалини (1, 2, 3) та транспортує її до акумулюючої ємності (5). Звідти вона по відкритому рудоскату під дією гравітаційних сил доставляється до вібраційного живильника (7) та перепускається в засоби залізничного транспорту (6).

Застосування пневмоколісного навантажувача обґрунтоване його маневреністю, великими тяговими зусиллями, прохідністю і швидкістю руху. Окрім того, його застосування дозволяє відмовитися від перевантаження корисної копалини в транспортні засоби для її транспортування до бункера-перевантажувача на поверхні техногенного родовища.

З огляду на технологію формування і відпрацювання техногенного родовища, запропоновану у роботі [8, 9], технологія з використанням відкритого рудоскату дозволяє зменшити капітальні витрати на етапі будівництва за рахунок виключення необхідності закладення вертикальних та горизонтальних кріплень в товщі техногенного родовища.

В той же час їх відсутність дає можливість застосовувати не тільки бульдозерний периферійний спосіб складування як в технології-прототипі, а й практично будь-який інший, що застосовується на підприємстві. При цьому технологічний комплекс для відпрацювання майбутнього техногенного родовища може формуватися як одночасно з формуванням техногенного родовища, так і після цього. Однак його будівництво має бути узгоджене з режимом формування власне тіла техногенного родовища та за необхідності враховувати час на природне ущільнення порід.

Пропонована технологія дозволяє виключити і четвертий недолік, що стосується сегрегації порід при відсипці. Це явище детально досліджено Кустовим В.В., який зазначає що одним з основних критеріїв при виборі раціональної технології формування техногенного родовища слід вважати ступінь сегрегації даної сипучої породи [10]. В результаті моделювання різних схем формування техногенних родовищ Кустовим В.В. було виявлено, що найбільш якісний розподіл кусків гірничої маси на фракції спостерігається при конвеєрному та бульдозерному периферійному відвалоутворенні, адже відсипання порід таким чином на укис відвального уступу дозволяє вже при падінні вихідного матеріалу максимально розкритися на окремі частини, а при попаданні на похилу поверхню укосу рух частинок відбувається вільно, що дозволяє вихідному матеріалу

більш повно розділитися по фракціях. Формування техногенних родовищ з використанням однокішшевих екскаваторів так само забезпечує сегрегаційний поділ на поверхні укосу відвалу. Однак, при відсипці необхідно забезпечувати послідовність переміщення по ділянкам і рівні умови для кожної ділянки розвантаження.

В той же час, в результаті процесу сегрегації відбувається розподілення гірських порід на фракції з розміщенням негабаритних кусків біля основи нижньої брівки кожного ярусу техногенного родовища. Це спрощує технологічний процес, адже дає можливість навантажувачу виймати більш дрібну фракцію окремо від негабариту і, як наслідок, уникнути забутовки відкритого рудоскату чи приймального бункера живильника. При цьому дроблення негабаритних кусків, що локалізуються біля нижньої брівки ярусу, здійснюватиметься відомими способами дроблення.

Отже, технологія формування не буде принципово відрізнятися від відомих технологій відсипки відвалів. Відмінністю буде лише формування технологічного комплексу у складі відкритого рудоскату на опорах і бункера-перевантажувача для подальшого відпрацювання техногенного родовища. Бункер-перевантажувач, обладнаний вібраційним живильником, може бути як акумулюючого типу, тобто для забезпечення безперебійної роботи наступних ланок (конвеєр чи залізничний транспорт), так і технологічного – для усереднення якості корисної копалини у грузопотоці.

Але окрім розробки способу відпрацювання техногенного родовища, необхідно також приділити увагу питанню визначення оптимальних параметрів техногенного родовища, які б забезпечили найбільш повне вилучення мінеральної сировини та економічний ефект. До основних параметрів техногенного родовища можна віднести кількість ярусів, кут укосу борта, розміри основи, місткість та виробничу потужність техногенного родовища.

Кут укосу борта техногенного родовища залежить від фізико-механічних властивостей порід, їх ступеня розпушення і вологості. Кількість ярусів залежить від куту укосу і розмірів основи техногенного родовища. Місткість і виробнича потужність техногенного родовища також мають знаходитися у взаємній залежності.

Як відомо, квадратна форма основи техногенного родовища забезпечує максимальну питому землемісткість та дозволяє мінімізувати витрати на складування сухої мінеральної сировини. Тому дослідження головних параметрів техногенного родовища проводилось для техногенних родовищ з квадратною формою основи та різною кількістю ярусів (від 4 до 10). При цьому довжина сторони основи змінювалась в межах від 400 до 1000 м.

Критерієм оцінки ефективності формування та відпрацювання досліджуваних техногенних родовищ був прийнятий мінімум питомих витрат на формування та відпрацювання техногенного родовища.

Виявлено, що місткість техногенного родовища впливає на питому собівартість його формування та відпрацювання. Так, зі збільшенням обсягу техногенного родовища питомі витрати на його відпрацювання зменшуються, в той час як питомі витрати на формування техногенного родовища зростають. Це

пояснюється зростанням відстані транспортування розкривних порід в період відвалоутворення, яка залежить від кількості ярусів у техногенному родовищі.

Окрім того, було виявлено, що на собівартість формування та відпрацювання техногенного родовища також впливає дальність транспортування сухої мінеральної сировини по техногенному родовищу. Це пояснюється тим, що зі збільшенням довжини основи техногенного родовища збільшується дальність транспортування техногенної сировини до відкритого рудоскату та відповідно зменшується річна експлуатаційна продуктивність пневмоколісного навантажувача. При цьому відстань транспортування техногенної сировини по техногенному родовищу розраховується як середньозважена відстань від рудоскату до раціональної межі відстані транспортування пневмоколісним навантажувачем (500 м). Це говорить про необхідність вибору раціонального комплексу механізації для відпрацювання техногенного родовища. В свою чергу вартість комплексу безпосередньо впливатиме на собівартість формування та відпрацювання техногенного родовища в цілому.

В процесі дослідження було виявлено одночасний вплив місткості техногенного родовища і виробничої потужності при його відпрацюванні на собівартість формування і відпрацювання техногенного родовища. В той же час очевидно, що виробнича потужність техногенного родовища залежить від його місткості. Тому було прийнято рішення дослідити сукупний вплив цих факторів на кінцеву собівартість. Для цього було розглянуто два випадки:

1. При постійній місткості техногенного родовища;
2. При постійній виробничій потужності.

Для дослідження першого випадку було розглянуто техногенне родовище з квадратною формою основи місткістю 16473456 м^3 в 10 ярусів.

Зрозуміло, що при постійній місткості техногенного родовища його виробнича потужність буде змінюватись в залежності від терміну відпрацювання техногенного родовища. Для того, щоб забезпечити раціональне використання технологічного обладнання (максимізувати коефіцієнт використання) в ході дослідження було підібрано раціональний комплекс механізації для відпрацювання техногенного родовища комплексом у складі пневмоколісного навантажувача і вібраційного живильника. Встановлено, що при різній виробничій потужності техногенного родовища будуть змінюватися капітальні та експлуатаційні витрати на його відпрацювання, а саме амортизаційні відрахування та витрати на поточний ремонт та утримання устаткування в залежності від обраного технологічного комплексу. Таким чином, зі збільшенням терміну відпрацювання та відповідно зменшенням виробничої потужності техногенного родовища питомі витрати на його формування та відпрацювання зростають.

Для другого випадку розглянемо техногенні родовища різної місткості, що відпрацьовуються із виробничою потужністю на рівні $1820000 \text{ м}^3/\text{рік}$.

Так при постійній продуктивності техногенного родовища змінюється термін його відпрацювання в залежності від місткості. Отримані результати дозволяють скласти масив даних для постійної ємності і виробничої потужності техногенного родовища (таблиця 1). Це дозволяє дослідити сукупний вплив цих

параметрів на собівартість формування та відпрацювання техногенного родовища.

Для цього було виконано регресійний аналіз методом найменших квадратів для функції з двома аргументами. В результаті було отримано залежність (1):

$$C_{\text{ТР}}^{\text{пит}} = 39,85 + 4,31 * 10^{-8} * (V_{\text{ТР}} - \overline{V_{\text{ТР}}}) - 1,13 * 10^{-6} * (A_{\text{ТР}} - \overline{A_{\text{ТР}}}) \quad (1)$$

Далі переведено її до канонічного вигляду (2):

$$C_{\text{ТР}}^{\text{пит}} = 41,015 + 4,31 * 10^{-8} * V_{\text{ТР}} - 1,13 * 10^{-6} * A_{\text{ТР}} \quad (2)$$

Таблиця 1

Питомі витрати на формування і відпрацювання техногенного родовища за варіантами зі сталою ємністю і сталою виробничою потужністю

V=16473456 м ³		П=1820000 м ³ /рік	
Виробнича потужність ТР, м ³ /рік	Питома собівартість формування та відпрацювання ТР, грн/м ³	Місткість ТР, м ³ /рік	Питома собівартість формування та відпрацювання ТР, грн/м ³
4118364	37,46	4018464	39,42
2745576	38,21	7601760	38,87
1647346	38,78	12853776	39,30
1372788	39,56	20093136	39,41
1098230	40,20	29638464	39,98
915192	40,94	41808384	40,63
784450	41,77	56921520	41,34

Додано використовувану систему обмежень і побудовано математичну модель (3):

$$C_{\text{ТР}}^{\text{пит}} = 41,015 + 4,31 * 10^{-8} * V_{\text{ТР}} - 1,13 * 10^{-6} * A_{\text{ТР}} \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} V_{\text{ТР}} = [4 * 10^6; 57 * 10^6] \\ A_{\text{ТР}} = [0,78 * 10^6; 4,12 * 10^6] \end{cases} \quad (3)$$

Для наочності результатів дані було наведено у вигляді тривимірної поверхні (2). Отримана математична модель відображає зону залежності собівартості формування та відпрацювання техногенного родовища від його місткості та виробничої потужності враховуючи взаємозалежність останніх.

Виходячи з рисунку, можна спостерігати зростання питомої собівартості формування та відпрацювання техногенного родовища при збільшенні його місткості та зменшенні виробничої потужності, а місткість техногенного родовища має більший вплив на питому собівартість формування та відпрацювання техногенного родовища.

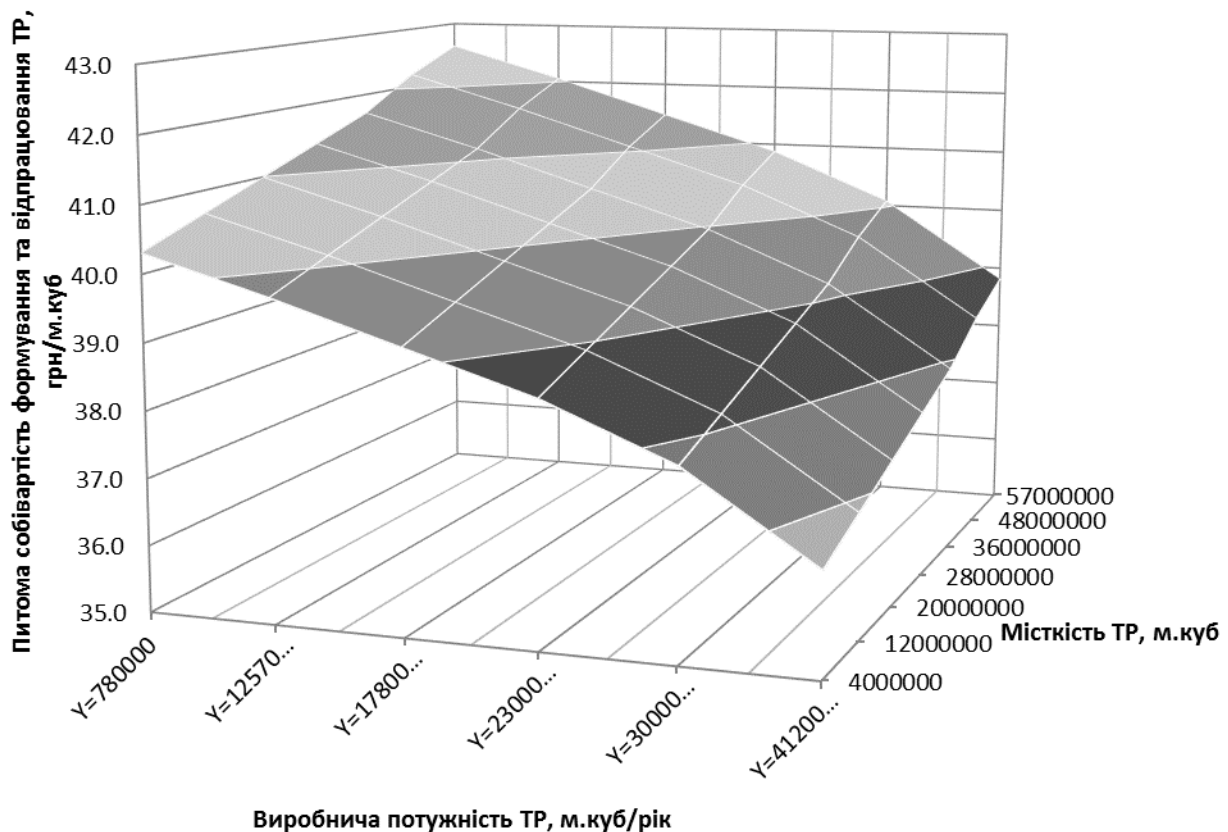


Рис. 2. Тривимірний графік взаємозалежності собівартості формування та відпрацювання техногенного родовища від його місткості та виробничої потужності

Висновки та напрямок подальших досліджень. Таким чином, проаналізувавши недоліки існуючих технологічних схем формування і відпрацювання техногенних родовищ, в роботі було розроблено нову технологію, яка відповідає методичним принципам формування і відпрацювання техногенних родовищ. Для даної технології встановлено вплив місткості і виробничої потужності техногенного родовища на економічні показники його формування і відпрацювання.

Подальші дослідження будуть направлені на вдосконалення технологічних схем та подальшу оптимізацію параметрів техногенних родовищ.

Перечень ссылок

1. Колесников Д.В., Короленко М.К., Ступник Н.И., Удод Е.Г., Протасов В.П., Олейник Т.А. (2012). Повышение извлечения железа за счёт переработки сырья техногенных месторождений Кривбасса. Кривой Рог: Дионис.
2. Ю. Г. Вилкул, А. А. Азарян, В. А. Колосов (2013). Переработка и комплексное использование минерального сырья техногенных месторождений. Вестник КНУ, вып. 96. (pp. 3-10).
3. Темченко А.Г. (2000). Ресурсозберігаючі технології гірничого виробництва. Кривий Ріг: Мінерал.

4. Трубецкой К.Н., Шапарь А.Г. (1993). Малоотходные и ресурсосберегающие технологии при открытой разработке месторождений. М.: Недра.
5. Пшеничный В.Г. (2008). Целесообразность строительства и разработки техногенных месторождений минерального сырья. Разработка рудных месторождений, вып. №92 (pp. 39-43).
6. Шапарь А. Г., Краснопольский И. А., Копач П. И. (1992). Ресурсосбережение в технологических процессах открытой разработки полезных ископаемых. Киев: Наукова думка.
7. Григор'єв Ю.І. (2014). Визначення основних методичних принципів ціленаправленого формування техногенних родовищ при комплексному освоєнні надр. Гірничий вісник, вип. 97 (pp. 267–271).
8. Григор'єв Ю.І. (2014). Пат. 92077 Україна, МПК E21C 41/26. Спосіб формування техногенного родовища. Промислова власність, бюл. 14. Київ.
9. Nikolay Pyzhik, Yulian Grigoryev. (2015). Dry raw material technogenic deposits formation and development technique. Metallurgical and Mining Industry, № 3 (pp. 298–302).
10. Кустов В. В. (2016). Обоснование рациональных параметров технологии формирования и разработки техногенных месторождений сыпучих горных пород : дис. канд. техн. наук : 25.00.22. Донецк, 182 с.

АННОТАЦИЯ

Цель. Усложнение условий ведения открытых горных работ и рыночная конъюнктура требуют поиска новых, экономически целесообразных подходов к ведению открытых горных работ. Комплексное освоение месторождений является одним из перспективных направлений улучшения технико-экономических показателей работы горнодобывающих предприятий. Целенаправленное формирование техногенных месторождений с необходимыми параметрами и дальнейшая их отработка является одним из основных направлений комплексного освоения. Существующие технологии формирования и отработки техногенных месторождений не лишены недостатков и требуют дальнейшего совершенствования. Особого внимания заслуживают параметры техногенных месторождений, в частности их геометрическая емкость и производственная мощность. Целью данной работы является разработка новой технологии отработки техногенного месторождения насыпного типа, поиск взаимосвязей его параметров и их дальнейшая оптимизация для улучшения технико-экономических показателей отработки.

Методика. В работе выполнен анализ и синтез научных источников, патентный поиск для выявления технологии-прототипа, применена теория решения изобретательских задач для разработки новой технологии отработки техногенного месторождения. Выполнено математическое моделирование главных параметров техногенного месторождения.

Результаты. Разработана технология отработки техногенного месторождения насыпного типа с помощью пневмоколесных погрузчиков и открытых рудоскатов, что обеспечивает лучшие технико-экономические показатели, чем технология-прототип. Получены математические зависимости совокупного воздействия производственной мощности и емкости техногенного месторождения на технико-экономические показатели разработки.

Научная новизна. Установлена зависимость оптимальных значений емкости и производственной мощности техногенного месторождения, обеспечивающих лучшие технико-экономические показатели формирования и отработки техногенного месторождения. Выявлено, что емкость техногенного месторождения имеет большее влияние на удельную себестоимость формирования и отработки, чем его производственная мощность.

Практическая значимость. Результаты выполненных исследований могут быть использованы проектными организациями и горнодобывающими предприятиями при проектировании разработки техногенных месторождений насыпного типа.

Ключевые слова: *техногенное месторождение, открытый рудоскат, пневмоколесный погрузчик, емкость техногенного месторождения, производственная мощность техногенного месторождения.*

ABSTRACT

Purpose. The increasing complexity of open pit mining conditions and market conditions require the search for new, economically viable approaches to open mining. Integrated development of deposits is one of the promising areas for improving the technical and economic indicators of mining enterprises. Purposeful formation of technogenic deposits with the necessary parameters and their further development is one of the main areas of integrated development. Existing technologies of the formation and development of technogenic deposits are not without drawbacks and require further improvement. The parameters of technogenic deposits, in particular their geometric volume and production capacity, deserve special attention. The aim of this paper is to develop a new technology for mining a man-made bulk-type deposit, search for interconnections of its parameters and their further optimization for improving the technical and economic indicators of mining.

Methodology. The paper analyzes and synthesizes scientific sources, patent search to identify the prototype technology, applies the theory of solving inventive problems to develop a new technology of mining a technogenic deposit. Mathematical modeling of the main parameters of a technogenic deposit has been performed.

Results. A technology has been developed for the mining of a technogenic bulk-type deposit using pneumatic-wheel loaders and open ore passes, which provides better technical and economic indicators than the prototype technology. Mathematical dependences of the cumulative impact of production capacity and volume of a technogenic deposit on the technical and economic indicators of development are obtained.

Scientific novelty. The dependence of the optimal values of volume and production capacity of a technogenic deposit, providing the best technical and economic indicators of the formation and mining of a technogenic deposit, is established. It is revealed that the geometrical volume of a technogenic deposit has a greater impact on the specific cost of formation and mining than its production capacity.

Practical significance. The results of the performed studies can be used by design organizations and mining enterprises in the design of the development of technogenic deposits of the bulk type.

Key words: *technogenic deposit, open ore passes, pneumowheel loader, geometric volume of technogenic deposit, production capacity of technogenic deposit.*