

В.В. ПЕРЕГУДОВ, професор, д-р техн. наук, директор,  
І.Є. ГРИГОР'ЄВ, канд. техн. наук, заст. директора, ДП «ДПІ «Кривбаспроект»  
Ю.І. ГРИГОР'ЄВ, канд. техн. наук, асистент  
Криворізький національний університет

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОГЕННИХ РОДОВИЩ НАСИПНОГО ТИПУ

**Мета.** Стан відкритих гірничих робіт, що склався на вітчизняних підприємствах, а також кон'юнктура на ринку мінеральної сировини вимагають пошуку нових, економічно доцільніших підходів до ведення відкритих гірничих робіт. Таким підходом є комплексне освоєння надр, що сприяє покращенню 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, а визначення цих параметрів і дослідження їх взаємозв'язків є науковою задачею даної публікації.

**Методи.** В роботі було використано методи патентного пошуку, аналізу літературних джерел для вивчення технології формування і відпрацювання техногенного родовища, регресійного аналізу і математичного моделювання головних параметрів техногенного родовища.

**Наукова новизна.** В роботі досліджено залежності оптимальних значень місткості та виробничої потужності техногенного родовища, що забезпечують найкращі техніко-економічні показники формування та відпрацювання техногенного родовища. Доведено, що питома собівартість формування та відпрацювання техногенного родовища знаходяться у прямій залежності від його місткості і зворотної – від виробничої потужності. Виявлено, що місткість техногенного родовища має більший вплив на питому собівартість формування та відпрацювання техногенного родовища, ніж його виробнича потужність. Виконано математичне моделювання головних параметрів техногенного родовища.

**Практична значимість.** Отримані результати досліджень головних параметрів техногенних родовищ можуть бути використані проектними організаціями і гірничодобувними підприємствами при проектуванні. Математичні залежності дозволять більш ґрунтовно визначити головні параметри техногенних родовищ і підвищать точність технічних рішень проектних інститутів.

**Ключові слова:** техногенне родовище, собівартість формування і відпрацювання техногенного родовища, місткість техногенного родовища, виробнича потужність техногенного родовища, математична модель, регресійний аналіз.

**Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами.** 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 посилюють екологічне навантаження, а тому проблема їх утилізації має світове значення. При цьому, Україна має потужну гірничорудну промисловість і займає сьоме місце у світі за обсягами виробництва мінеральної сировини, тому проблема утилізації відходів для неї має першорядне значення. З українських 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, в той же час щорічний економічний збиток від забруднення навколишнього середовища оцінюється в 300 млн. доларів. Тому можна впевнено стверджувати про наявну 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.

З урахуванням зовнішніх і внутрішніх факторів в роботах [1-3] авторами пропонувались різні технології формування і відпрацювання техногенних родовищ, кожна з яких характеризується різними перевагами і недоліками. В той же час техніко-економічні показники розробки техногенного родовища в значній мірі будуть залежати від головних параметрів техногенного родовища. Першою складністю в цьому аспекті є відсутність єдиного підходу до переліку основних головних параметрів техногенного родовища.

По-друге, раціональні значення головних параметрів техногенного родовища будуть визначатися комбінацією ряду факторів: вартості землевідведення, способу формування техногенного родовища, застосовуваного обладнання, системи розробки і фізико-механічних властивостей техногенної сировини.

**Аналіз досліджень і публікацій.** В роботах [3-6] досліджено питання комплексного освоєння техногенних родовищ, закладені основні терміни і поняття, запропоновано способи формування техногенних родовищ. Виявлено, ряд схем селективного складування тимчасово некондиційних корисних копалин [6]. Окрім того, були виявлені методичні принципи цілеспрямованого формування техногенних родовищ із заданими параметрами [7], що можуть бути зведені до наступних положень:

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);

мінімальні площі відчужених земель;

мінімальні обсяги об'ємів переєкскавації при розробці техногенного родовища та зменшення кількісних і якісних втрат мінеральної сировини;

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]. Описана технологія передбачає розкриття техногенного родовища, як об'єкту розробки, ще на етапі формування. Тобто під час відсіпки техногенного родовища забезпечується вантажотransпортний зв'язок кожного ярусу із поверхнею підшви 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 кріплення, 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 кріплення передбачає лише бульдозерний периферійний спосіб відвалоутворення. Для нього характерний практично рівномірний розподіл негабариту по товщі техногенного родовища. З цього впливає наступний недолік.

4. За даної технологічної схеми із розміщенням вібраційних живильників внизу вертикальних виробок є вірогідність забутки негабаритом. Тому пропонується технологічна схема, яка вимагає рівномірного гранулометричного складу без негабариту.

Технологія, пропонується у [9], позбавлена даних недоліків. Відповідно до неї, формування техногенного родовища виконується за відомими технологіями складування, а види корисних копалин можуть бути розділені в плані і по висоті. Після виходу певного борту техногенного родовища на проектний контур або повної відсипки техногенного родовища 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. Стаціонарний рудоскат розміщується у похилій траншеї. Мобільний рудоскат монтується на опорах, що встановлюються по борту техногенного родовища. 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. Спосіб відпрацювання техногенного родовища полягає у виїмці колісним навантажувачем із забою необхідного сорту корисної копалини та доставці її до акумулюючої ємності біля устя рудоскату. Звідти техногенна сировина по відкритому рудоскату під дією гравітаційних сил доставляється до вібраційного живильника та перепускається в засоби залізничного чи конвеєрного транспорту, розміщеному по горизонту денної поверхні.

**Постановка задачі.** Однак розробка техногенних родовищ насипного типу стримується низькими економічними показниками їх відпрацювання та подальшої переробки, а також організаційними складнощами формування техногенного родовища. виправити цю ситуацію можна не лише шляхом розробки ефективних технологій відпрацювання техногенних родовищ, а й детальним дослідженням головних параметрів техногенних родовищ з подальшою оптимізацією їх значень.

**Викладення матеріалу і результати.** До основних параметрів техногенного родовища можна віднести розміри основи, кількість ярусів, кут укосу борта, місткість та виробничу потужність техногенного родовища. При цьому кут укосу борта залежатиме від фізико-механічних властивостей порід, кількість ярусів – від куту укосу і розмірів основи техногенного родовища. Місткість і виробничу потужність техногенного родовища також мають знаходитися у певній взаємній залежності.

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 розкритих порід в період відвалоутворення, яка залежить від кількості ярусів у техногенному родовищі (рис. 1).

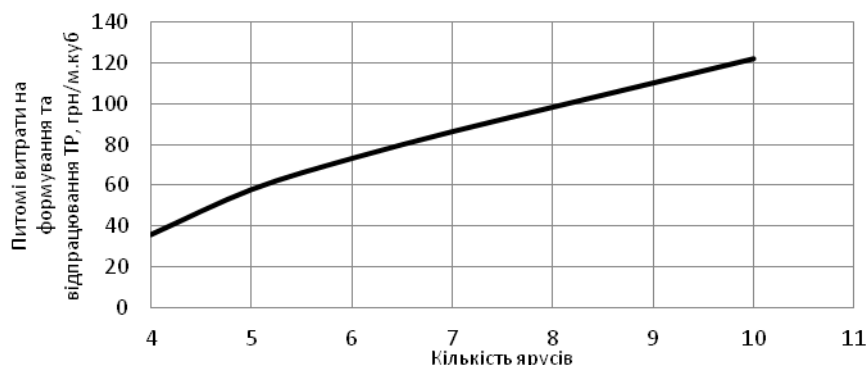


Рис. 1. Графік залежності питомих витрат на формування і відпрацювання техногенного родовища від кількості ярусів

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 родо-

вища 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 у 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: при постійній місткості техногенного родовища; при постійній виробничій потужності. Слід зазначити, що критерієм вибору технологічного комплексу був коефіцієнт використання обладнання, який мав залишатися сталим для обох випадків, що забезпечує об'єктивність зіставлення собівартостей для обох випадків.

Для дослідження першого випадку було розглянуто техногенне родовище з квадратною формою основи місткістю  $16473456 \text{ м}^3$ . 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 продуктивності 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 моделей навантажувача і вібраційного живильника. Результати дослідження були представлені у вигляді графіку (рис. 2), з якого видно, що зі збільшенням терміну відпрацювання та, відповідно, зменшенням продуктивності техногенного родовища питомі витрати на його формування та відпрацювання зростають.

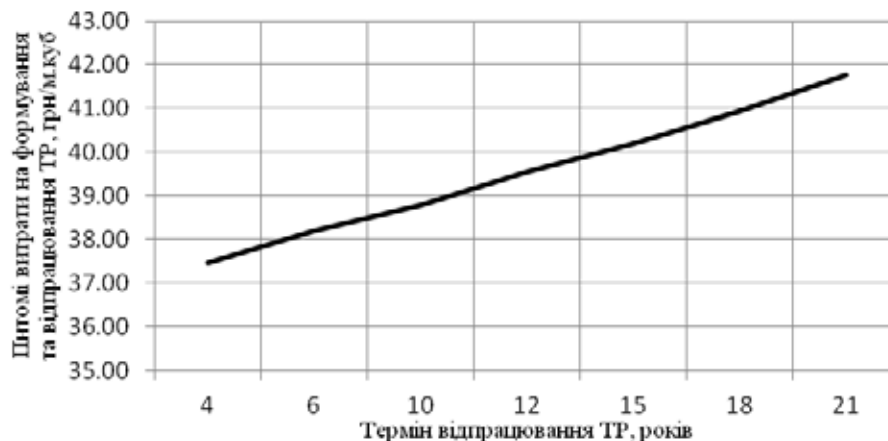


Рис. 2. Графік залежності питомих витрат на формування та відпрацювання техногенного родовища від його виробничої потужності при постійній місткості

Для другого випадку було прийнято постійну виробничу потужність для кожного з досліджуваних техногенних родовищ на рівні  $18200000 \text{ м}^3/\text{рік}$ . Відповідно при постійній продуктивності техногенного родовища змінюється термін його відпрацювання в залежності від місткості. Виходячи з того, що виробнича потужність для кожного з досліджуваних техногенних родовищ постійна при різних їх місткості, для їх відпрацювання було обрано такий комплекс технологічного обладнання: один навантажувач САТ988К з продуктивністю  $2862720 \text{ м}^3/\text{рік}$  та один вібраційний живильник ПЕВ 2А-4\*15 з продуктивністю  $2044800 \text{ м}^3/\text{рік}$ .

Встановлено, що на собівартість формування та відпрацювання техногенного родовища із заданою продуктивністю впливатимуть також експлуатаційні витрати на власне його відпрацювання, а саме витратні матеріали на відміну від описаного вище випадку. Отримані результати представлені у вигляді графіку (рис. 3), з якого видно, що зі збільшенням місткості техногенного родовища та відповідно терміну його відпрацювання питомі витрати на формування та відпрацювання техногенного родовища зростають.

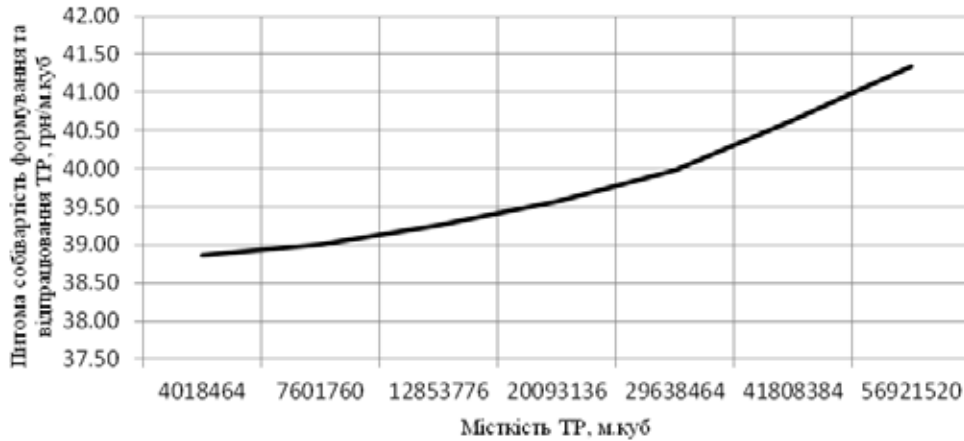


Рис. 3. Графік залежності питомих витрат на формування та відпрацювання техногенних родовищ з різною місткістю при його постійній виробничій потужності

Отримані результати дозволили скласти масив даних для постійних ємності і виробничої потужності техногенного родовища і 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, переведено її до канонічного вигляду, додано систему обмежень, що використовувалась, і побудовано математичну модель згідно формули (1) та візуалізовано у вигляді тривимірного графіку (рис. 4).

$$C_{TR}^{num} = 41,02 + 4,31 \times 10^{-8} \times V_{TR} - 1,13 \times 10^{-6} \times A_{TR} \longrightarrow \min$$

$$\begin{cases} V_{TR} = [4 \times 10^6; 57 \times 10^6] \\ A_{TR} = [0,78 \times 10^6; 4,12 \times 10^6] \end{cases} \quad (1)$$

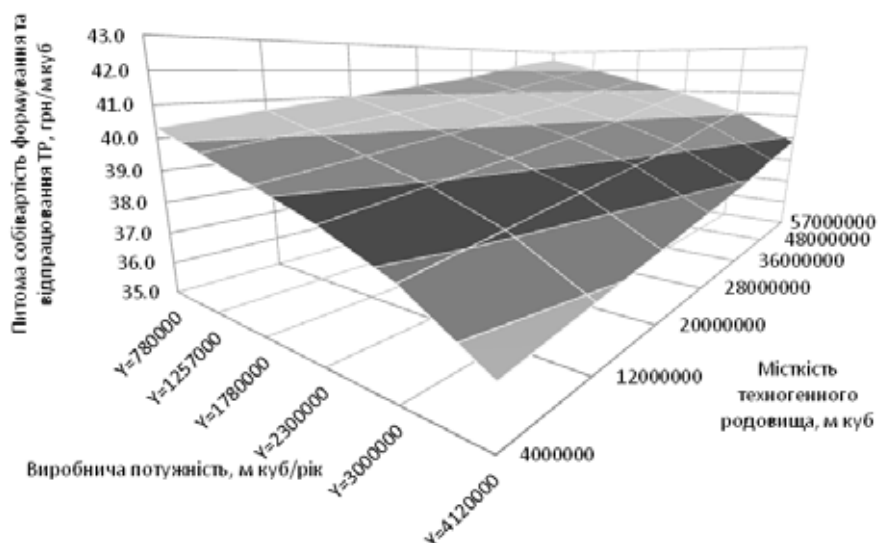


Рис. 4. Тривимірний графік взаємозалежності собівартості формування та відпрацювання техногенного родовища від його місткості та виробничої потужності

Отримана математична модель відображає зону залежності собівартості формування та відпрацювання техногенного родовища від його місткості та виробничої потужності враховуючи взаємозалежність останніх.

**Висновки і напрями подальших досліджень.** Таким чином, було визначено головні параметри техногенного родовища і встановлено взаємозв'язок між ними. Для розробленого в попередніх дослідження способу формування і відпрацювання техногенного родовища було встановлено вплив місткості і виробничої потужності на економічні показники гірничих робіт. Доведено, що питома собівартість формування та відпрацювання техногенного родовища знаходяться у прямій залежності від його місткості і зворотній – від виробничої потужності. В той же час виявлено, що місткість техногенного родовища має більший вплив на питому собівартість формування та відпрацювання техногенного родовища, ніж його виробнича потужність. Подальші наукові дослідження будуть направлені на детальне дослідження взаємозв'язків параметрів елементів системи розробки техногенного родовища для різних технологій його формування і відпрацювання.

#### *Список літератури*

1. Колесников Д.В., Короленко М.К., Ступник Н.И., Удод Е.Г., Протасов В.П., Олейник Т.А. Повышение извлечения железа за счёт переработки сырья техногенных месторождений Кривбасса. – Кривой Рог: Дионис, 2012. – 236 с.
2. Трубецкой К.Н., Уманец В.Н. Комплексное освоение техногенных месторождений // Горный журнал – вып. №1, - 1992, с 12-16.
3. Темченко А.Г. Ресурсозберігаючі технології гірничого виробництва. – - Кривий Ріг: «Мінерал», 2000. – 216 с.
4. Трубецкой К.Н., Шапарь А.Г. Малоотходные и ресурсосберегающие технологии при открытой разработке месторождений. – М.: «Недра», 1993. – 272 с.
5. Пшеничный В.Г. Целесообразность строительства и разработки техногенных месторождений минерального сырья // Разработка рудных месторождений – вып. №92, - 2008, с 39-43.
6. Шапарь А. Г., Краснопольский И. А., Копач П. И. Ресурсосбережение в технологических процессах открытой разработки полезных ископаемых. – Киев: Наукова думка, 1992
7. Григор'єв Ю.І. Визначення основних методичних принципів ціленаправленого формування техногенних родовищ при комплексному освоєнні надр // Гірничий вісник – вип. 97, - 2014, с. 267–271.
8. Nikolay Pyzhik, Yulian Grigoryev. Dry raw material technogenic deposits formation and development technique // Metallurgical and Mining Industry – № 3, – 2015, p. 298–302.
9. Григор'єв І.Є. Визначення основних методичних принципів ціленаправленого формування техногенних родовищ при комплексному освоєнні надр / Григор'єв І.Є., Григор'єв Ю.І., Усачов В.Е., Євтушенко М.С. // Збірник наукових праць національного гірничого університету – вип. 56, - 2019, с. 18–28.
10. Трубецкой К.Н., Воробьёв А.Е. Основы ресурсовоспроизводящих технологий складирования и хранения некондиционного минерального сырья // Горный журнал – вып. №5, - 1995, с 47-51.
11. Григорьев И.Е., Григорьев Ю.И. Системный подход к процессу проектирования горных объектов // Разработка рудных месторождений – вып. №94, - 2011, с 40-44.

УДК 622.271

В.В. ПЕРЕГУДОВ, І.Є. ГРИГОР'ЄВ, Ю.І. ГРИГОР'ЄВ

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОГЕННИХ РОДОВИЩ НАСИПНОГО ТИПУ**

**Мета.** Стан відкритих гірничих робіт, що склався на вітчизняних підприємствах, а також кон'юнктура на ринку мінеральної сировини вимагають пошуку нових, економічно доцільніших підходів до ведення відкритих гірничих робіт. Таким підходом є комплексне освоєння надр, що сприяє покращенню 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, а визначення цих параметрів і дослідження їх взаємозв'язків є науковою задачею даної публікації.

**Методи.** В роботі було використано методи патентного пошуку, аналізу літературних джерел для вивчення технології формування і відпрацювання техногенного родовища, регресійного аналізу і математичного моделювання головних параметрів техногенного родовища.

**Наукова новизна.** В роботі досліджено залежності оптимальних значень місткості та виробничої потужності техногенного родовища, що забезпечують найкращі техніко-економічні показники формування та відпрацювання техногенного родовища. Доведено, що питома собівартість формування та відпрацювання техногенного родовища знаходяться у прямій залежності від його місткості і зворотній – від виробничої потужності. Виявлено, що місткість техногенного родовища має більший вплив на питому собівартість формування та відпрацювання техногенного

родовища, ніж його виробнича потужність. Виконано математичне моделювання головних параметрів техногенного родовища.

**Практична значимість.** Отримані результати досліджень головних параметрів техногенних родовищ можуть бути використані проектними організаціями і гірничодобувними підприємствами при проектуванні. Математичні залежності дозволять більш ґрунтовно визначити головні параметри техногенних родовищ і підвищать точність технічних рішень проектних інститутів.

**Ключові слова:** техногенне родовище, собівартість формування і відпрацювання техногенного родовища, місткість техногенного родовища, виробнича потужність техногенного родовища, математична модель, регресійний аналіз.

**Peregudov V.V., Hryhoriev I. E., Hryhoriev Y. I.**  
**INVESTIGATION OF INTERACTION RELATIONSHIPS OF TECHNOGENIC DEPOSITS PARAMETERS DEVELOPMENTS OF A BULK TYPE**

**Purpose.** The state of open-pit mining, formed at ukrainian enterprises, as well as the state of the mineral raw materials market require the search for new, more economically feasible approaches to open mining operations. This approach is a comprehensive development of mineral resources, which contributes to improving the technical and economic performance of mining enterprises. The purposeful formation of man-made deposits with the necessary parameters and their further development is one of the main directions of complex development, and the definition of these parameters and the study of their interactions is the scientific task of this publication.

**Methods.** Patent search, analysis of literary sources for the study of the technology of formation and development of technogenic deposits, regression analysis and mathematical modeling of the main parameters of the technogenic deposit are used in the paper.

**Scientific novelty.** In this paper the dependences of optimal volumes of technogenic deposit and its production capacity are investigated, providing the best technical and economic indicators of formation and development of technogenic deposits. It is proved that the specific cost of forming and working out the technogenic deposit is in direct relation to its volume and the inverse - from the production capacity. It was discovered that the capacity of the technogenic deposit has a greater impact on the specific cost of forming and working out the technogenic deposit than its production capacity.

**Practical significance.** The mathematical modeling of the main parameters of the man-made deposit is fulfilled. The obtained results of studies of the main parameters of technogenic deposits can be used by project organizations and mining enterprises in the design. Mathematical dependencies will allow to more thoroughly determine the main parameters of technogenic deposits and increase the accuracy of technical solutions of design institutes.

**Key words:** technogenic deposit, cost of formation and development of technogenic deposit, volume of technogenic deposit, production capacity of technogenic deposit, mathematical model, regression analysis.

**Перегудов В.В., Григорьев И.Е., Григорьев Ю.И.**  
**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НАСЫПНОГО ТИПА**

**Цель.** Состояние открытых горных работ, сложившееся на отечественных предприятиях, а также конъюнктура на рынке минерального сырья требуют поиска новых, экономически целесообразных подходов к ведению открытых горных работ. Таким подходом является комплексное освоение недр, которое способствует улучшению технико-экономических показателей работы горнодобывающих предприятий. Целенаправленное формирование техногенных месторождений с необходимыми параметрами и дальнейшая их отработка является одним из основных направлений комплексного освоения недр, а определение этих параметров и исследование их взаимосвязей определяет научную задачу данной публикации.

**Методы.** В работе были использованы методы патентного поиска, анализа литературных источников для изучения технологий формирования и отработки техногенного месторождения, методы регрессионного анализа и математического моделирования главных параметров техногенного месторождения.

**Научная новизна.** В работе исследованы зависимости оптимальных значений емкости и производственной мощности техногенного месторождения, обеспечивающие лучшие технико-экономические показатели формирования и отработки техногенного месторождения. Доказано, что удельная себестоимость формирования и отработки техногенного месторождения находится в прямой зависимости от его емкости и обратной - от производственной мощности. Выявлено, что емкость техногенного месторождения имеет большее влияние на удельную себестоимость формирования и отработки техногенного месторождения, чем его производственная мощность. Выполнено математическое моделирование главных параметров техногенного месторождения.

**Практическая значимость.** Полученные результаты исследований основных характеристик техногенных месторождений могут быть использованы проектными организациями и горнодобывающими предприятиями при проектировании. Математические зависимости позволят более обоснованно определять основные параметры техногенных месторождений и повысят точность технических решений проектных институтов.

**Ключевые слова:** техногенное месторождение, себестоимость формирования и отработки техногенного месторождения, ёмкость техногенного месторождения, производственная мощность техногенного месторождения, математическая модель, регрессионный анализ.