

Корисна модель належить до гірничо-видобувної промисловості і може бути використана при розробці техногенних родовищ з метою виймання мінеральної сировини рідкісних та рідкоземельних елементів.

Відомий спосіб безперервного видобутку в підземних виробках, призначених для постійного видобутку, що включає будівництво штреків зменшеного розміру, в яких через центр, визначений групою штреків, проходить штрек, призначений для транспортування корисної копалини, такий штрек послідовно перетинає всі групи штреків, визначені на робочій поверхні; штреки розташовані таким чином, щоб утворювати регулярне розташування на певних відстанях, сумісних з інтерактивним гравітаційним потоком (Патент US 20120181844A1, кл. E21C 4/22, від 19.07.2012).

Недоліками даного способу є складна схема транспортування, недостатня якість продукції, що включає фактично змішування корисної копалини з породою, що вимагає використання додаткової технології та обладнання для збагачення.

Найближчим технічним рішенням є гірничий процес (Патент US005782539A, кл. E21C 41/00, від 21.07.1998), що складається з поєднання поверхневих і підземних гірничих технологій, що здійснюються в новій послідовності видобутку. Спочатку вугільний пласт видобувається поверхневими методами стріппінгу для створення високої стіни. Потім за допомогою обладнання для безперервного видобутку прокладаються шляхи на заздалегідь визначену відстань під землею від поверхневої високої стіни, щоб відгородити ділянку вугілля з підземним видобувним фронтом або стіною. Потім на виїмці встановлюється довгобічна виїмка, і пласт видобувається з відступом у бік високої стінки на поверхні до безпечної межі, визначеної нахилом високої стінки. Сусідні пласти послідовно розробляються і видобуваються методом довгобічної виїмки, що дозволяє видобути практично всі запаси вугілля між високою стінкою на поверхні і заздалегідь визначеною відстанню, на якій була встановлена підземна стінка.

Недоліками даного способу є висока собівартість видобування, що обумовлено використанням частини вугільного пласта як підтримку покрівлі, обмежена технічно максимальна довжина виробки, метод можливо використовувати лише за умови залягання міцних порід покрівлі та підшви навколо матеріалу, що видобувається, через що унеможливорюється видобування техногенних родовищ.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення відомого способу видобутку корисних копалин, в якому введенням нових технологічних рішень досягається точкове виймання мінеральної сировини рідкісних та рідкоземельних елементів з техногенних родовищ, за рахунок використання як відкритого, так і підземного способів розробки родовищ, формування виробок до межі зон із підвищеною концентрацією рідкісних та рідкоземельних елементів, що дозволяє підвищити якість мінеральної сировини, чим забезпечується зниження собівартості видобутого матеріалу і підвищення ефективності всього процесу, крім цього є можливим використання цього методу для видобування як традиційних корисних копалин, так і для розробки техногенних родовищ таких як: терикони, золовідвали, шламовідвали.

Поставлена задача вирішується тим, що комбінований спосіб видобутку рідкісних та рідкоземельних елементів із техногенних родовищ, який включає виконання відкритих гірничих робіт із формуванням контуру виїмки, послідовне проведення підземних виробок, виймання матеріалу та його транспортування, який відрізняється тим, що видобуток рідкісних та рідкоземельних елементів відбувається з техногенного відвала, де попередньо визначають за результатами тривимірного геолого-технологічного моделювання зону підвищеної концентрації рідкісних та рідкоземельних елементів, після закінчення відкритих гірничих робіт починають проходити магістральну штольню, від якої послідовно формують виймальні виробки у напрямку зон з підвищеною концентрацією рідкісних та рідкоземельних елементів і продовжують їх лише до межі відповідної зони, після точкового відпрацювання обов'язково закладають їх модифікованою сумішшю.

На фіг. 1 та 2, відповідно, зображено вид спереду та зверху на загальну схему комбінованого способу видобутку мінеральної сировини рідкісних та рідкоземельних елементів (РтРЗЕ) з техногенних родовищ, де 1 - відвал, 2 - магістральна штольня, 3 - зона підвищеної концентрації РтРЗЕ, 4 - виробка

Спосіб реалізується наступним чином: відпрацювання техногенного відвала здійснюється комбінованим способом із поєднанням відкритих робіт та високоточних підземних гірничих операцій, що виконуються на основі глибокого тривимірного геолого-технологічного моделювання. Такий підхід дозволяє формувати найбільш раціональну конфігурацію контурів виїмки, точно визначати просторові межі зон підвищеної концентрації РтРЗЕ та проєктувати систему підземних виробок з мінімальними втратами корисної мінеральної сировини.

На першому етапі створюють високоточну 3D-моделей техногенного відвала, в яку інтегрують дані бурових свердловин, безпілотного лазерного сканування, LiDAR-зйомки, геофізичних зондувань, аналізу зернового складу та геохімічного картування. Програмні комплекси типу Datamine, Surpac, Micromine або Leapfrog виконують блокове моделювання відвала з розподілом внутрішньої структури на воксели із заданою роздільною здатністю. Кожен воксель містить числові параметри: густину, гранулометричний склад, вологість, фізико-механічні характеристики, а головне - концентрації окремих рідкісних та рідкоземельних елементів. Модель дозволяє будувати ізолінії збагачених

інтервалів, виділяти рудні тіла, простежувати їхні форми, нахил, потужність і мінливість. Це забезпечує можливість точного передбачення напрямів найефективнішого підземного доступу та формування найкоротших трас виробок без втрати збагаченої сировини.

На другому етапі виконуються відкриті гірничі роботи, спрямовані на формування оптимального геометричного контуру виїмки та усунення надлишкових технологічно непродуктивних шарів. За даними 3D-моделей визначають безпечні параметри бортів, конфігурація уступів, оптимальні напрямки пересувань техніки. За допомогою бульдозерно-екскаваторного комплексу поетапно прибирають верхні горизонти відвала, поступово наближаючись до блоків із підвищеною концентрацією РтРЗЕ. Після кожного циклу зняття шару проводять оперативне сканування поверхні лазерними станціями, яке автоматично інтегрується в модель, забезпечуючи її постійне оновлення. Це дозволяє коригувати подальший напрямок робіт і мінімізувати обсяг підземного проходження.

На третьому етапі, після завершення відкритих робіт, починають найбільш складну та технічно критичну частину - прокладання підземних виробок. На основі високоточної 3D-моделі техногенного відвала проєктують трасу магістральної штольні: її глибина, кут нахилу, точки входу та виходу, місце розташування розрізних камер. Проєктування відбувається в режимі 3D-візуалізації з врахуванням прогнозованих геотехнічних ризиків: можливості осідання породи, наявності обводнених зон, різкої зміни густини техногенного матеріалу. Технічний персонал прохідницького комбайна використовує комплекс за параметрами, які передаються з моделі - це забезпечує точність дотримання напрямку та профілю штольні навіть в умовах неоднорідної техногенної породи.

Від магістральної штольні у бік збагачених ділянок проводять виймальні виробки, в яких вибирають шлях мінімальної довжини при максимальному охопленні продуктивної зони. Систему виробок будують за камерно-штрековою або комірковою схемою, залежно від конфігурації зони підвищеної концентрації рідкісних та рідкоземельних елементів і продовжують їх лише до межі відповідної зони. Контроль проходження здійснюють у режимі реального часу за допомогою цифрових сканерів, що дає можливість негайно коригувати напрямок та глибину проходження виробок. Особливу увагу приділяють системам кріплення. Через неоднорідність техногенних масивів зі змінами напружено-деформованого стану породи, застосовуються комбіновані варіанти - анкерно-рамне, торкрет-бетонне, гнучке цементацийне кріплення.

Вибрана мінеральна сировина РтРЗЕ подається у бік магістральної штольні, звідки потрапляє на поверхню.

На завершальному етапі після точкового відпрацювання обов'язково закладають відпрацьовані виробки. Закладні матеріали - це спеціально модифіковані суміші переробленої техногенної породи, що виймалась при проходженні виробок, із контролюючими добавками. Усі параметри закладання - щільність, вологість, гранулометричний склад, об'ємне ущільнення - керуються за допомогою моделювання, яке дозволяє оцінити вплив закладки на напружено-деформований стан відвала, потенціал осідань та стійкість сусідніх виробок. Закладку здійснюють пошарово, з використанням нагнітальних станцій, що дозволяє точно заповнювати порожнини та виключати появу пустот. Після закінчення циклу моделювання оновлюється, і на його основі плануються наступні ділянки відпрацювання.

Таким чином, спосіб виймання мінеральної сировини рідкісних та рідкоземельних елементів з техногенних родовищ, згідно з корисною моделлю, за рахунок використання як відкритого, так і підземного способів розробки родовищ, формування виробок до межі зон із підвищеною концентрацією рідкісних та рідкоземельних елементів, підвищує якість мінеральної сировини, чим забезпечується зниження собівартості видобутого матеріалу і підвищення кількості видобутої сировини до 50 %, крім цього є можливим використання цього методу для видобування як традиційних корисних копалин, так і для розробки техногенних родовищ таких як: терикони, золовідвали, шламовідвали, що, в свою чергу, підвищує екологічність процесу, зменшуючи кількість пилу, який піднімається у повітря, і закладаючи вироблений простір, що запобігає просіданню ділянки.

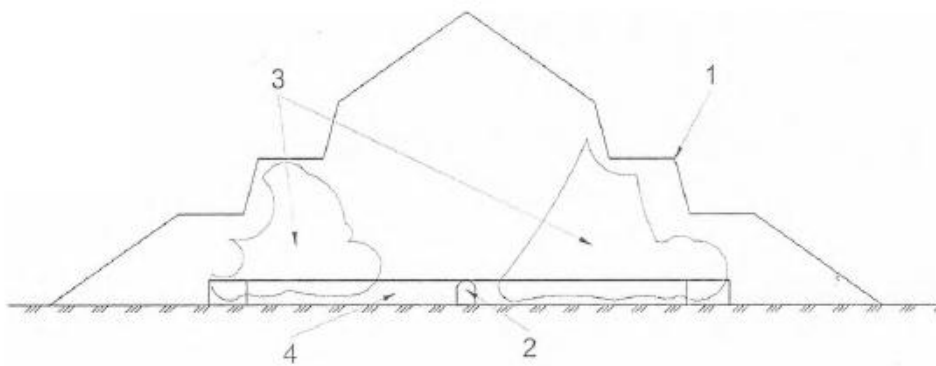


Fig. 1

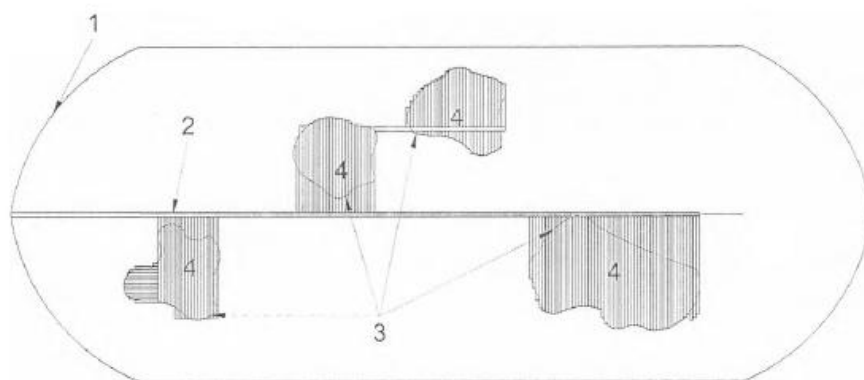


Fig. 2