

7. Кушнерёв И. П. Совершенствование технологии выемки рудных залежей на глубоких горизонтах. Разр.рудн.м-й. -вып.88,2005,с.39-41.
8. А.С.СССР №1723324 ,кл.Е21С341/16, 1991.
9. Кушнерёв І.П., Кривенко Ю.Ю. Технологія відпрацювання потужних крутоспадних рудних покладів. Вісник Криворізького національного університету, вип.45, 2017, с.47-50.
10. А.С.СССР №1642005, кл.Е21С341/16. Способ разработки рудных залежей/ Кушнерёв И.П., Абашин П.А., Терещенко О.А.//№ заявки 4698180, заявл. 31.03.1989, опубл. 15.04.1991.Бюл. №14.
11. Малахов Г. М., Безух В.Р. Петренко П.Д. Теория и практика выпуска руды.- М.: Недра.1968 .
12. Патент на корисну модель №18734. Спосіб підземної розробки похилих рудних покладів./ Кушнерёв І.П., Хівренко О. Я., Кривенко Ю.Ю., Прокопчук К.Л.//№ заявки u200605999, заявл. 31.05.2006, опубл. 15.11.2006. Бюл.№11.

УДК 622. 274. 53:622. 063. 44:622. 234. 5

В. М. ТАРАСЮТИН, канд. техн. наук, доц., А. В. КОСЕНКО, асистент, аспірант
Криворізький національний університет

ОБГРУНТУВАННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ПІДЗЕМНОМУ ВИДОБУТКУ РІЗНОСОРТНИХ ЗАЛІЗНИХ РУД КРИВБАСУ

Мета. Обґрунтування параметрів ресурсозберігаючих технологічних процесів очисного виймання різносортних шарів руд у залізорудних покладах за рахунок використання гідро-технологічного і самохідного обладнання, що дозволяють підвищити якість товарної продукції і ефективність ведення гірничих робіт

Методи. Конструктивно-функціональний аналіз системи розробки підповерхового обвалення, чисельний аналіз і оцінка параметрів оголень очисних камер, моделювання на еквівалентних матеріалах технологічного процесу випуску руди, технологічне проектування схем очисної виїмки багатих руд, техніко-економічна оцінка варіантів системи розробки.

Наукова новизна. Встановлено, що в умовах розробки глибоких горизонтів залізорудних шахт раціональні технологічні параметри процесів геотехнологій очисної виїмки визначається геомеханічними умовами і комплексами геотехніки, яка застосовується. Отримали подальшого розвитку залежності: трансформації напружено-деформованого стану навколо вироблених просторів і гірничих виробок при розробці залізорудних родовищ; раціональних режимів високо інтенсивного випуску рудної маси; оптимізації схем комплексної механізації процесу доставки рудної маси.

Практичне значення. Для похило-падаючих середньої потужності залізорудних покладів, представлених зонально-розподіленими масивами різносортових природно-багатих руд середньої і нижче середньої міцності і стійкості, розроблені раціональні ресурсозберігаючі технологічні схеми процесів очисної виїмки, що забезпечують роздільне отримання рудного суперконцентрату, високоякісної чистої руди і рядовий рудної маси без підвищення собівартості видобутку.

Результати. Вперше розроблено ресурсозберігаючі варіанти комбінованої системи розробки підповерхового обвалення з утворенням стійких, згідно падаючих, компенсаційних просторів шляхом випереджаючої виїмки найбільш багаті частини масивів руд свердловинною гідротехнологією і подальшим відпрацюванням рядових запасів другої черги технологією з відбійкою руди віялами глибоких свердловин оптимальної довжини і орієнтації та інтенсивним лінійно-рівномірним режимом випуску рудної маси на базі високопродуктивних комбінованих доставочних комплексів скреперних установок і самохідних навантажувально-доставочних машин. Комбінована геотехнологія очисної виїмки, забезпечує: простоту конструкції; високу безпеку і санітарно-гігієнічні умови праці; продуктивність очисного вибою – 70-110 тис. т; продуктивність праці робітника по системі – 60-80 т/чол. зміну; втрати – 10-15%; засмічення – 3-7%; собівартість – 65-75% від традиційної.

Ключові слова: багаті багатосортні залізні руди, ресурсозберігаючі технології, глибокі горизонти, підповерхове обвалення, роздільна виїмка, технологічна схема, самохідні машини і установки, свердловинна гідро-технологія, процеси очисної виїмки, техніко-економічні показники.

doi: 10.31721/2306-5451-2018-1-46-152-159

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Конкурентоспроможність підземних рудників Кривбасу, які розробляють потужні поклади природно-багатих різносортних, з вмістом заліза в шарах від 52 до 69%, залізних руд на великих глибинах (1200-1400 м), залежить від вирішення основної проблеми – підвищення якості продукції, яка на першому етапі гірничих робіт досягається завдяки впровадженню технологічних схем очисного виймання з високою часткою вилучення чистої руди. Це створює виключно перспективні передумови для розширення номенклатури продукції – аглоруди і високоякісних залізорудних концентратів, придатних для використання в електросталеплавильній, порошковій і феритовій металургії [1].

Таким чином технологічні процеси ресурсозбереження кількості і якості балансових запасів виймальних одиниць у складних геомеханічних та гірничотехнічних умовах відробки залізородних покладів є актуальною науково-технічною задачею.

Аналіз досліджень і публікацій. Проведений аналіз сучасного досвіду роботи рудників показав, що очисне виймання покладів ведеться різними валовими варіантами системи підповерхового обвалення без урахування структурно-сортового складу рудних масивів на базі переносного та стаціонарного обладнання. Низька продуктивність геотехніки призводить до збільшення терміну відробки запасів очисних панелей, що обумовлює багаторазове пере кріплення нарізних виробок і переборювання близько 30-40% глибоких вибухових свердловин, суттєвого зменшення об'єму компенсаційних камер (8-12%), що різко погіршує якість подрібнення і сипкі властивості рудної маси. При цьому показники вилучення характеризуються 25-30% втрат балансових запасів і до 20% засмічення рудпустими породами. Таким чином умови залягання і інженерно-геологічні особливості різносортних масивів, які включають до 25 % запасів слабких високоякісних мартитових руд [2], не дозволяють підвищити ефективність і якість їх вилучення на базі масової вибухової відбійки та площинного випуску під обваленими породами за допомогою малопродуктивного очисного обладнання.

Постановка завдання. Метою роботи є обґрунтування параметрів ресурсозберігаючих технологічних процесів очисного виймання різносортних шарів руд у залізородних покладах за рахунок використання гідро-технологічного і самохідного обладнання, що дозволяють підвищити якість товарної продукції і ефективність ведення гірничих робіт.

Розглядаються характерні для рудників Кривбасу умови: поклад представлений рудним тілом потужністю 20-30 м з кутом падіння 45-65° і складений плаstopодібними шарами різносортних природно-багатих залізних руд середньої та нижче середньої міцності і стійкості із середнім вмістом заліза 58-62 %; мартитові високоякісні руди з вмістом заліза 65-69% займають центральну частину покладу і складають 15-25% від загальних запасів; рудне тіло з висячого боку знаходиться в породах середньої і вище середньої стійкості і з лежачого боку – нижче середньої стійкості; рудо-породні масиви тріщинуваті і неоднорідні за фізико-механічними властивостями геоструктурних елементів [11]; геологічне поле початкових напружень є геостатичним [12].

Обґрунтування параметрів ресурсозберігаючих процесів, випереджаючого очисного виймання запасів високоякісних руд варіантом підземної свердловинної геотехнології і очисного виймання основних запасів рядових руд – за допомогою сучасного самохідного, стаціонарного та переносного обладнання, розглядаються для глибин 1300-1500 м.

У процесі проведення досліджень використовувалися: конструктивно-функціональний аналіз і синтез процесів свердловинної гідротехнології та технології з використанням самохідного гірничого обладнання у комбіновану систему розробки підповерхового обвалення; геомеханічний аналіз параметрів і вибір способів утворення стійких оголень компенсаційних камер; фізичне і чисельне моделювання впливу інтенсивності технологічного процесу випуску руди під обваленими породами за допомогою високопродуктивної геотехніки на показники вилучення; технологічне проектування і техніко-економічна оцінка схем ресурсозберігаючих процесів очисного виймання руд.

Викладення матеріалу та результати. Камерне виймання запасів слабких нестійких високоякісних мартитових руд здійснюється свердловинною гідротехнологією модульного типу [13], що забезпечує поточність процесу, підвищення безпеки гірничих робіт і поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці гірників. Дослідно-експериментальна апробація технологічних процесів гідромоніторної відбійки, гідродоставки і зневоднення гідросуміші, проведена в умовах глибоких горизонтів шахт «Ювілейна» і «Родіна» [13]. Результати випробувань показали, що на кожній з шахт Кривбасу («Родіна», «Октябрська», «Ювілейна» і «Гвардійська») можливо видобувати по 100-150 тис. т на рік мартитового концентрату з вмістом заліза 67,5-69% і двоокису кварцу 0,9-0,4%.

Формування ізольованих камерних просторів в масиві слабких, нестійких руд відбувається послідовним циклічним поширеним розширенням первинного стовбура технологічної свердловини високо напірним струменем води, що обертається. При цьому головним конструктивним параметром при виборі трасування гідро-видобувних виробок є граничний, для розробляемого типу руд і використовуемого обладнання, діаметр квазіциліндричної порожнини, м.

$$[D] = \frac{P_o \cdot L_o}{0,6 \cdot [\sigma_{cm}]},$$

де P_o – тиск потоку технологічної води у гідромоніторі, МПа; L_o – початкова ділянка струменя води, м; $[\sigma_{cm}]$ – межа міцності на одновісне стиснення, МПа

В якості технічної бази може використовуватися серійне шахтне бурове, насосне і транспортне обладнання, яке поєднане в малогабаритні блочно-модульні, із змінною потужністю, пересувні комплекси, що відрізняються низькими енерговитратами і мобільністю переміщення між вибоями (рис. 1).

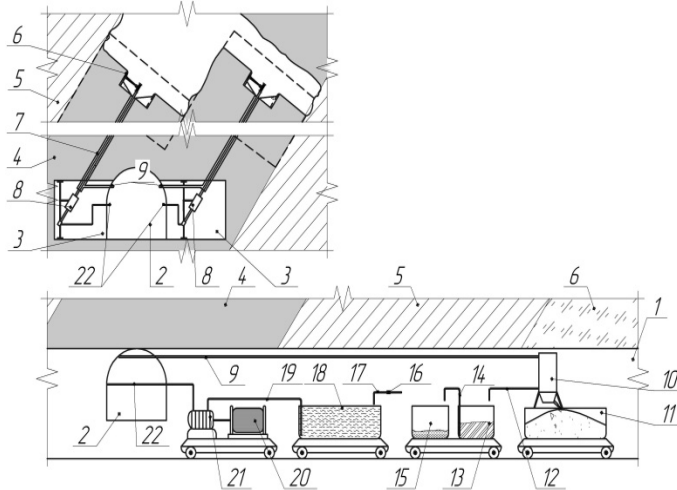


Рис. 1. Технологічна схема ланцюга устаткування і пристроїв модульного комплексу свердловинного гідравлічного виймання маргітових високоякісних концентратів в гірничих виробках: 1 – навантажувально-доставочний орт; 2 – штрек скреперування; 3 – випускні ніші; 4 – високоякісні маргітові руди; 5 – рядові маргітові руди; 6 – видобувний гідромоніторний вибій; 7 – доставочна свердловина; 8 – гідромоніторний агрегат; 9 – пультководи; 10 – батарея гідрциклонів; 11 – контейнер суперконцентрату; 12 – шламівідвід; 13 – контейнер мулового концентрату; 14 – насос для перекачування з трубопроводом; 15 – дешламатор; 16 – кран; 17 – шахтна гідролінія технічної води; 18 – ємність технологічної води; 19 – гідролінія подачі технологічної води; 20 – електродвигун; 21 – високо-напірний насос; 22 – гідролінія високого тиску

Техніко-економічні показники комплексу свердловинної гідротехнології: утворення висхідних камер діаметром 5-10 м і висотою до 30-35 м; якість залізорудного концентрату на 1,5-2,5% вище природного; собівартість видобутку руди становить 50-60% від традиційної вибухово-механічної технології; продуктивність агрегату гідромоніторної відбійки через свердловини діаметром 105 мм при напорі води 5-10 МПа складає 40-90 т/год; питомі витрати технологічної води становить 1-2 м³/т; вологість обезводненої рудної маси становить 5-10%; довжина самопливної доставки гідросуміші з технологічної свердловини по горизонталі досягає 30-45 м, а із застосуванням форсунок стисненого повітря – необмежена. Основні переваги розробленої технології – мало-операційність і поточність, гнучкість в управлінні концентрацією і обсягами робіт, хороша сумісність з традиційними гірничими технологіями.

Відмінною особливістю технології є нетрадиційний, для залізних руд, спосіб гідромоніторної відбійки маргітрової руди через висхідні свердловини за замкнутою схемою, що дозволяє, при певних робочих режимах гідромонітора, здійснювати селективну дезінтеграцію руд з повним розкриттям (70-90%) рудних зерен, що в подальшому спрощує операції концентрації в процесах збагачення оксидів заліза, а також робить руду новим продуктом – суперконцентратом, який розширює номенклатуру продукції гірничих підприємств [1].

Обґрунтування параметрів стійких компенсаційних камер виймальних одиниць для умов глибоких горизонтів шахт басейну проведено математичне моделювання і оцінка напружено-деформованого стану конструктивних елементів виймальних одиниць покладу методом скінченних елементів з урахуванням: геологічної будови рудо-породного масиву; деформаційних і міцнісних властивостей тріщинуватих геоструктурних елементів масивів руд і порід, що вміщують; розподілу силових полів в зонах обвалення і зрушення; форми і місця розташування камер. Комплекс завдань вирішувався поетапно способом послідовних наближень в додаткових напруженнях [14]. Масиви руд і порід вважалися квазіпружними.

Аналіз результатів моделювання показав, що поля напружень у рудному масиві на горизонтах гірничих робіт при існуючих на рудниках формах виробленого простору є контрастно-диференційованими і складають відповідно 40-110% від геостатичних у висячого боку і 35-70% – у лежачого боку покладу. Великі значення відповідають максимальному зависанню порід висячого боку над виробленим простором. При цьому напруження є головними, максимальні компоненти яких орієнтовані майже перпендикулярно до лінії падіння покладу. Біля лежачого

боку поле напружень наближається до одновісного вертикального, обумовленого тиском порід, що налягають над горизонтом гірничих робіт.

Допустимий об'єм компенсаційної порожнини обмежується фактором стійкості рудного масиву в умовах розробки і продуктивністю утворення технологічним обладнанням. Досліджувалися зміни об'ємного і плоского напружено-деформованого стану рудного масиву поблизу компенсаційних просторів різної конфігурації – від одиначної квазіциліндричної камери діаметром $[D]$ до системи таких камер і до об'єданого компенсаційного простору, геометричні параметри яких відповідають різним об'ємам вилученої руди. Результати показали, що напружений стан навколо одиначного квазіциліндричного простору діаметром від 5 до 10 м не перевищує 25-30% від початкового на горизонті гірничих робіт. При цьому максимальні напруження є стискаючими і згасають на відстані діаметру камери вглиб від контуру до початкових. При системі квазіциліндричних співвісних компенсаційних просторів найбільш напружено-деформованими є області поблизу контурів між камерами. При відстанях між центрами камер менших їх діаметра, камери починають взаємодіяти з подальшим їх об'єднанням в єдиний простір. Оцінка стійкості рудних масивів поблизу системи відокремлених компенсаційних просторів квазіциліндричних форм за критерієм Кулона-Мора показує, що рудний масив завжди буде зберігати стійкий стан. При цьому критичні напруження, що обумовлюють процес руйнування, відсутні навіть у приконтурному масиві.

При відпрацюванні потужних покладів на горизонтах гірничих робіт параметри оголень будь-якої орієнтації в об'єднаних камерах, утворених гідромоніторним способом, залежать від граничних еквівалентних прогонів і визначаються диференційовано за виразом, м.

$$[l_S] = K_S \cdot K_M \cdot K_\phi \cdot K_T \cdot [l_o] + \Delta l,$$

де $[l_S]$ – граничний еквівалентний прогін у компенсаційній камері, утвореній гідромоніторним способом, м; K_S – коефіцієнт, який враховує вплив структурної неоднорідності масиву на початковий напружений стан рудного покладу; K_M – коефіцієнт, який враховує зміну параметрів оголень в залежності від положення камери за потужністю рудного покладу; K_ϕ – коефіцієнт, який враховує форму виробленого простору; K_T – коефіцієнт впливу фактору часу на стійкість оголень; $[l_o]$ – граничний еквівалентний прогін оголення в камері в квазіоднорідному масиві на горизонті ведення гірничих робіт, утворений буро-вибуховим способом; $\Delta l = 2-3$ м – розмір зони вибухового порушення рудного масиву за площиною оголення при свердловинній відбійці.

Таким чином, застосування на першій стадії очисного виймання (утворення компенсаційної камери) свердловинної гідротехнології, дозволяє виключити деформаційний вплив вибухів свердловинних зарядів на оголення камер, що призведе до збільшення їх об'єму в 2-4 рази. При цьому підвищується безпека гірничих робіт і відпрацювання покладів залізних руд здійснюється відповідно до сучасних вимог щодо раціонального використання надр.

Для реалізації камерного варіанту системи підповерхового обвалення вибухова відбійка основного масиву рядової руди в очисній панелі здійснюється по стадійно похилими шарами віял глибоких свердловин розташованих згідно падінню рудних структур покладів і простягання первинної компенсаційної камери (відрізки). Це забезпечує мінімальні енергоємність і питомі витрати вибухових речовин в шарах, що відбиваються, і які не залежать від глибини ведення очисних робіт за рахунок попереднього розвантаження основної частини рудного масиву панелі від головних стискаючих статичних напружень оголенням компенсаційної камери. Порційна відбійка відбувається до набуття компенсаційною камерою гранично допустимих розмірів за геомеханічним станом і терміном існування, а потім масово обвалюється рудний масив лежачого боку покладу і стелини в напрямку вільного компенсаційного простору. Постадійно відбита руда основного масиву виймальної одиниці розташовується на плоскому днищі.

Відбита руда випускається через воронки у виробки доставки за схемою, яка найкраще підходить для використання комбінованої (різнобічної) доставки комплексом з двох скреперних лебідок і самохідної навантажувально-доставочної машини. Для цього на суміжних флангах панелей зі скреперного штреку на підшвах навантажувально-доставочних ортів формуються навали руди. Економіко-математичне моделювання на моделі, яка представлена у роботі [15], показало, що найбільш оптимальною є схема комбінації скреперної доставки по штреку, довжиною 20 м до панельних ортів площею поперечного перетину 11-12 м² і далі по ортам самохідною навантажувально-доставочною машиною з продуктивністю 1000-1500 т/зміну на відстань

150-200 м до системи капітальних рудоспусків, що забезпечують роздільність доставки різно-сортних руд. Основною перевагою даної схеми є простота організації робіт і висока, у порівнянні з традиційною, економічна ефективність процесу.

Для визначення ефективних параметрів інтенсивного випуску, були проведені дослідження на об'ємній чисельній і об'ємній фізичній моделях.

Результати проведених досліджень підтверджуються комп'ютерним моделюванням за допомогою програмних комплексів EDEM і PFC3D [16,17]. Чисельні експерименти показали, що об'єм фігури розпушення над випускним отвором залежить, для умов підземних рудників Кривбасу, від наступних змінних факторів: середнього гранулометричного складу; середнього кута внутрішнього тертя відбитої руди; середньої сили зчеплення між кусками відбитої руди; коефіцієнту міцності. Область розпушення в рудній масі визначається розмірами і формою зон випуску, обсягами вилучення руди та інтенсивністю процесу випуску. Розмір фігури розпушення збільшується з підвищенням інтенсивності випуску, за всіх інших рівних умов, для системи випускних отворів при лінійно-безперервному режимі випуску у порівнянні з рівномірно-послідовним режимом.

Фізична модель виконана в масштабі геометричної подоби 1:100 та імітує гірничо-геологічні умови відпрацювання очисних панелей: висота – 37-40 м; довжина за простяганням рудного покладу – 25-30 м; ширина навхрест простягання рудного покладу – 25-30 м. Лежачий бік покладу представлений дерев'яною стінкою, яка кріпиться до основи моделі на шарнірах, для встановлення різного кута її нахилу. В якості передньої стінки моделі (висячий бік покладу) і бічних стінок панелі встановлені стекла з нанесеними на них сітками прямих горизонтальних і вертикальних ліній розміром 5×5 см, для візуального контролю за процесом і вимірювання геометричних параметрів випуску. Днищем моделі слугували знімні касети з різними системами випускних отворів. У якості еквівалентного сипкого матеріалу використовувались подрібнена руда, подрібнений граніт і пластикові різнокольорові кульки, які відображають різну якість руйнування руд і порід, що вміщують. Моделювалися різні режими і порядки випуску рудної маси, а показники вилучення оцінювалися за критерієм вилучення чистої руди при різному діаметрі і відстанях між випускними отворами.

Узагальнені результати досліджень показали, що найбільш ефективним для умов похило-крутоспадних покладів є випуск руди і рудної маси зонами-смугами (уздовж штреку випуску) за допомогою лінійно-безперервного режиму, коли вилучення здійснюється одночасно з усіх випускних отворів рівномірними дозами з однаковою інтенсивністю по всій площі зони випуску. При цьому порядки відпрацювання зон від лежачого до висячого боку і навпаки істотно не відрізняються (2-3%) за показниками вилучення чистої руди. Пропорційне збільшення діаметру випускних воронки і відстані між ними не забезпечує збільшення об'ємів вилучення чистої руди (різниця становить 1,0-1,2%). Об'ємповодженої уздовж простягання фігури випуску руди при інтенсивному лінійно-безперервному режимі послідовними зонами на 5-10% перевищує суму об'ємів фігур випуску з тих же випускних отворів в процесі рівномірно-послідовного режиму випуску. Таким чином лінійно-безперервний режим випуску руди в порівнянні з нерегульованим (на практиці рудників) забезпечує підвищення вилучення чистої руди на 20-30% і загальне по панелі зниження втрат на 14-18%.

На підставі проведених досліджень були сформульовані принципи розробки ресурсозберігаючої технологічної схеми очисного виймання багатих залізних руд середньої і нижче середньої міцності і стійкості в умовах глибоких горизонтів шахт, які включають: надання стійких форм і розмірів компенсаційних просторів завдяки урахуванню початкової геомеханічної обстановки в межах технологічних ділянок та комбінованого способу їх утворення; підвищення ефективності буро-вибухового комплексу досягається завдяки розташуванню свердловин в зоні розвантаження масивів виймальних одиниць і застосуванню сучасних типів бурового обладнання; покращення показників вилучення рудних запасів при площинному випуску обвалених запасів під налягаючими породами завдяки збільшенню частки вилучення чистої руди шляхом лінійно-безперервного рівномірного і високо-інтенсивного режиму випуску її в доставочні штреки з двостороннім скреперуванням; використання горизонтальної площини доставки завдяки застосуванню ковшових навантажувально-доставочних машин і капітальних рудоспусків та відмови від панельних вертикальних рудоспусків; роздільна доставка багатих і рядових сортів руд і формування селективних транспортних потоків руди різної якості досягається завдяки

використанню комбінованої трубопровідної, скреперної і самохідної (навантажувально-доставочних машин) доставки руди до капітальних рудоспусків; встановлення оптимального співвідношення геометричних розмірів виймальних одиниць, параметрів конструктивних елементів системи розробки, порядку очисного виймання, видів і типорозмірів геотехніки, що застосовується, здійснюється завдяки їх спільній оптимізації.

На основі зазначених принципів для умов глибоких горизонтів розроблена загальна технологічна схема системи розробки виймальних одиниць покладу (рис. 2).

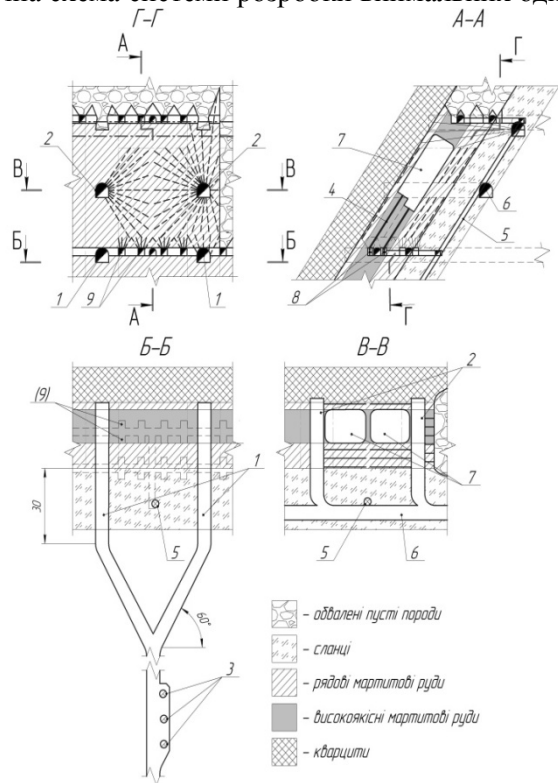


Рис. 2. Технологічна схема очисного виймання покладів різносортих залізних руд: 1 – навантажувально-доставочні орти; 2 – бурові орти; 3 – система капітальних рудоспусків; 4 – гідромоніторна свердловина; 5 – вентиляційний підняттевий; 6 – транспортно-матеріальний штрек; 7 – компенсаційні камери; 8 – гідромоніторний агрегат; 9 – випускні ніші

Виймальна одиниця містить в собі очисну панель і буро-доставочний цілик. Технологія очисних робіт в панелі полягає у формуванні компенсаційного простору способом свердловинної гідротехнології, бурінні, заряджанні і підриванні свердловин в масиві панелі, скреперний двосторонній доставці руди і рудної маси в буро-доставочний цілик. В повний цикл технології очисних робіт в буро-доставочному цілику входять формування в покрівлі доставочного орта великогабаритних випускних воронок, порціонній відбійці вище лежачого масиву з почерговим випуском в доставочний машинний орт від висячого до лежачому боку цілика.

Окрім перерахованих технологічних процесів, в схему входить формування бурового горизонту і проходка буро-доставочних ортів

через 35-40 м, з яких у межах цілика на висоті 2 м через 10-12 м проходять штреки скреперування, а з них через 5-7 м – буро-випускні ніші.

Конструкції варіантів системи підповерхового обвалення є гнучкими і дозволяють переходити на ділянках нестійких і маломіцних руд від схем камерних варіантів до варіантів з масовим обваленням. У табл. 1 наведені основні техніко-економічні показники для розроблених варіантів комбінованої ресурсозберігаючої системи розробки природно-багатих залізних руд з обваленням руди та порід, що її уміщують.

Таблиця 1

Техніко-економічні показники варіантів системи розробки природно-багатих залізних руд з обваленням руди і порід, що її уміщують

Найменування показника	Показники при різних варіантах системи розробки			
	B1	B2	B3	B4
Рудний запас виймальної одиниці, A_n , тис. т	90	126	126	126
Середній вміст заліза:				
у рудному масиві, p , %	62	62	62	62
у породах, що засмічують, q , %	40	40	40	40
Обсяг видобутої рудної маси, A_d , тис. т	68	108,4	112,7	108,4
Засмічення руди, R , %	10	7	5	3
Втрати руди, Π , %	32	20	15	20
Собівартість очисного виймання, C , %	100	98	98	94
Середній вміст заліза в руді, q , %	59,8	60,5	60,9	61,1
Питома економічна ефективність, %	100	125	171	453

Примітка. B1 – B4 - відповідно базова система розробки підповерхового обвалення з використанням переносного гірничого обладнання; варіант підповерхового обвалення з використанням самохідного гірничого обладнання; камерний варіант підповерхового обвалення з використанням самохідного гірничого обладнання; комбінований варіант під поверхового обвалення з використанням самохідного гірничого обладнання і свердловинної гідротехнології.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Основні результати проведених досліджень зводяться до наступного:

складні інженерно-геологічні умови експлуатації покладів природно-багатих залізних руд на глибоких горизонтах рудників Кривбасу, а також жорсткі економічні обмеження викликають необхідність розробки і освоєння інноваційних технологій видобутку на принципово нових, відмінних від традиційних, основах;

прогресивні техніко-економічні показники гірничих робіт можливо забезпечити за допомогою застосування комбінованої технології очисного виймання з селективною високоінтенсивною розробкою різносортих запасів виймальних одиниць на базі нетрадиційної свердловинної гідротехнології і високопродуктивного самохідного гірничого обладнання, що забезпечують підвищення безпеки та ефективності гірничих робіт і поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці гірників;

одним зі шляхів значного підвищення об'ємів стійких компенсаційних просторів в різнотипних нестійких рудних масивах, що залягають у складних інженерно-геологічних умовах, є випереджаюче камерне виймання високоякісних мартизових руд свердловинною гідротехнологією на базі самохідних видобувних комплексів модульного типу;

розроблено раціональні варіанти системи підповерхового обвалення з відбійкою руди вертикальними віялами глибоких свердловин оптимальної довжини і орієнтації при різних об'ємах компенсаційного простору, що істотно перевершують варіанти традиційної системи розробки за простотою конструкції, безпекою, санітарно-гігієнічними умовами та техніко-економічними показниками ведення гірничих робіт.

Список літератури

1. **Ломовцев Л. А.** Технология комплексной переработки и использования богатых руд гидродобычи КМА / Л. А. Ломовцев, А. В. Максимов, Ф. М. Журавлев [и др.] // Горный журнал. – 1995. – №1. – С. 39-42.
2. **Тарасютин В. М.** Геотехнологические свойства высококачественных мартизовых руд глибоких горизонтов шахт Кривбасса / В. М. Тарасютин // Науковий вісник НГУ. – 2015. – №1. – С. 54-59.
3. **Чернококур В. Р.** Добыча руды с поэтажным обрушением / **В. Р. Чернококур, Г. С. Шкробко, В. И. Шелегада.** – М.: Недра, 1992. – 271 с.
4. **Черненко А. Р.** Подземная добыча богатых железных руд / **А. Р. Черненко, В. А. Черненко.** – М.: Недра, 1992. – 224 с.
5. **Волков Ю. В.** Основные направления развития геотехнологии и геотехники подземной разработке рудных месторождений / **Волков Ю. В., Соколов И. В.** // Горный информационно-аналитический бюллетень: научно-технический журнал. – 2007. – №11. – С. 270-272.
6. **Ступник Н. И.** Пути совершенствования технологии подземной разработки богатых руд Кривбасса / Н. И. Ступник, М. И. Кудрявцев, А. М. Басов // Вісник Криворізького технічного університету. – 2010 – Вип. 26. – С. 23-26.
7. Кудрявцев М. И. Сравнительная оценка систем поэтажного обрушения по фактору извлечения чистой руды в условиях подземного Кривбасса / **М. И. Кудрявцев, Н. И. Ступник, Т. С. Грищенко** // Вісник КТУ. – 2011 – Вип. 28. – С. 3-5.
8. **Ступник М. І.** Стан і перспективи розвитку підземних гірничих робіт у Криворізькому басейні / **Ступник Н. І., Колосов В. О., Калініченко В. О.** // Розробка родовищ: зб. наук. пр. – 2013. – Т.7 – С. 223-228.
9. Проблемы геотехнологических процессов комплексного освоения суперкрупных рудных месторождений / под ред. **К. Н. Трубецкого, Д. Р. Каплунова.** – М.: ИПКОН. – 2005. – 248 с.
10. Скважинная гидродобыча полезных ископаемых / **В. Ж. Арнс, О. М. Гридин, Е. В. Крейнин** [и др.] – М.: Изд-во «Горная книга», 2007. – 295 с.
11. **Глушко В.Т.** Инженерно-геологические особенности железорудных месторождений / **Глушко В.Т., Борисенко В. Г.** – М.: Недра, 1978. – 253 с.
12. **Малахов Г. М.** Управление горным давлением при разработке рудных месторождений Криворожского бассейна / **Малахов Г. М.** – К. Наукова думка, 1990. – 204 с.
13. **Курленя М. В.** Техногенные геомеханические поля напряжений / **М. В. Курленя, В. М. Серяков, А. А. Ерёмченко** – Новосибирск: Наука, 2005. – 264 с.
14. **Дулин А. Н.** Управление качеством на предприятии при раздельной и валовой выемке ископаемых / **А. Н. Дулин, Б. Ю. Сердиновский, Р. А. Дулина** – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2002. – 34 с.
15. **Косенко А. В.** Удосконалення та обґрунтування проектних рішень у разі застосування самохідної навантажувально-доставочної техніки на технологічному процесі доставки рудної маси (на прикладі шахти «Октябрьська» ПАТ «Кривбасзалізрудком») / **А. В. Косенко** // Молодий вчений. — 2017. — №2 (42). — С. 183-190.
16. **Косенко А. В.** Визначення впливу інтенсифікації технологічного процесу випуску рудної маси на величину тиску в межах фігури випуску на основі комп'ютерного моделювання / **А. В. Косенко** // Молодий вчений. – 2017. – №9. – С. 455-458.
17. **Косенко А. В.** Комп'ютерне моделювання технологічного процесу випуску руди для умов розробки покладів природно-багатих залізних руд різної міцності / **А. В. Косенко** // Молодий вчений. – 2017. – №10. – С. 59-64.

Рукопис подано до редакції 27.03.2018