

типу з вихідними отворами, в 2-3 рази більшими, ніж максимальний діаметр часток, що входять у даний формувальний склад, виявляється повністю звільненою від обволікаючого її частки сполучного або склеює складу. Це дозволяє легко розділити їх. Як показав досвід, формувальний пісок при цьому практично не подрібнюється, втрати його незначні, і він шляхом звичайного промивання легко відділяється потім від усіх еднальних його речовин. Регенерація формувальних земель здійснюється, по-перше, за рахунок різко вираженої вибіркової дії електрогідролічного удару, що швидше подрібнює крихкі й повільніше в'язкі матеріали, і, по-друге, за рахунок резонансного електрогідролічного ефекту, тем, що легше відшаровує друг від друга компонента, що мають різну власну частоту коливань, чому більш велика різниця цих частот.

**Висновки та напрямок подальших досліджень.** Таким чином, метод електрогідролічного очищення як чорного, так і кольорового литва дозволяє: підвищити продуктивність очищення литва; знизити собівартість виробів і енергоємність їх виробництва; забезпечити повне видалення стрижнів і формувальної суміші з виливків будь-якої складності; механізувати й автоматизувати важку ручну працю; докорінно поліпшити умови праці на обрубній дільниці й знизити запиленість в 10-20 разів, тим самим виключивши умови для виникнення професійних захворювань.

Незважаючи на безліч запропонованих методів використання, існують резерви для подальшого вдосконалення технології очищення литва за допомогою електрогідролічного впливу.

#### *Список літератури*

1. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. – М.: «Машиностроение». – 1986. – 253 с.
2. Гульий Г.А. Оборудование и технологические процессы с использованием электрогидравлического эффекта / Г.А. Гульий, П.П. Малюшевский, Е.В. Кривицкий. – М.: «Машиностроение». – 1977. – 320 с.
3. Жбанова Е.Н. Электрофизический метод повышения износостойкости отливок из стали 110Г13Л при кристаллизации / Жбанова Е.Н., Саитгареев Л.Н., Скидин И.Э., Бялик Г.А. // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. - 2017. - №3. - С. 24-28.
4. Прогрессивные литейные технологии и материалы: сб. науч. трудов. – Киев: Ин-т проблем литья, 1990. – 108 с.
5. Вёрёш А. Очистка отливок / Пер. с венгерского; ред. Г. Ф. Баландин. — М.: Машиностроение, 1982. — 256 с.
6. Подураев В.Н. Технология физико-химических методов обработки, М.: Машиностроение, 1985. – 264 с.
7. Шмаков М.В. Очистка поверхности пластин и подложек / М.В. Шмаков, В.П. Паршин, А.Н. Смирнов // Технологии в электронной промышленности. - 2008. - № 5. - С. 77-78.
8. Приходько И.В. Электрогидроимпульсные технологии и оборудование для нужд литейного производства / И.В. Приходько, Р.Н. Исабеков // Металл и литье Украины. - № 2 (213). - 2011. – С. 25-30.
9. Лучкин, А.Г. Очистка поверхности подложек для нанесения покрытий вакуумно-плазменными методами / А.Г. Лучкин, Г.С. Лучкин // Вестник Казанского технологического университета. - 2002. -Т. 15. - С. 208-210.
10. <https://extxe.com/823/ochistka-otlivok-jelektricheskimi-sposobami-ot-prigara-i-melkih-zalivov/>

Рукопис подано до редакції 17.03.2020

УДК 622.013.364

М.А. ГРИЩЕНКО, аспірант  
Криворізький національний університет

### **ВІДПРАЦЮВАННЯ ПРИРОДНО БАГАТИХ ЗАЛІЗНИХ РУДНИХ ПОКЛАДІВ НА ГЛИБОКИХ ГОРИЗОНТАХ З НЕДОСТАТНІМИ КУТАМИ ЗАЛІГАННЯ В УМОВАХ ВИСОКОГО ГІРСЬКОГО ТИСКУ**

Відпрацювання покладів природно багатих залізних руд в умовах високого гірського тиску на глибоких горизонтах є однією з основних проблем теперішнього часу та близького майбутнього. Втрати руди пов'язані з формуванням еліпсоїди випуску яка в свою чергу намагається отримати форму циліндру, тим самим до воронки випуску руди які знаходяться на лежачому боці не стягуються. Тим самим при недостатніх кутах втрати можуть сягати майже половини всього запасу.

**Мета.** Метою роботи є аналіз існуючих технологій, дослідження та розробка ефективної технології випуску відбитої рудної маси з лежачого боку в якій за умов слабо-похилих кутів втрати будуть мінімальними.

**Методи дослідження.** Питання випуску досліджувалося на лабораторних моделях було проведено ряд дослідів з урахуванням масштабу на еквівалентних матеріалах. Проведено техніко-економічний аналіз випуску відбитої рудної маси, розглянуті фактори які безпосередньо впливають на ефективність очисних робіт в трикутнику лежачого боку.

---

© Грищенко М.А., 2020

**Наукова новизна.** Проведеними лабораторними дослідженнями була встановлена залежність, що при веденні очисних робіт під перекриттям непорушеного рудного масиву випуск пошаровим похилим потоком не формує еліпсоїди випуску.

**Практична значимість.** В проведеній роботі пропонується створення технології підготовки блоку для формування відбійки та випуску корисної копалини пошаровим похилим потоком, який в свою чергу дасть максимальне вилучення корисної копалини без втрат в трикутнику лежачого боку.

**Результати.** В даній роботі на лабораторній моделі було проведено і порівняно ряд дослідів для визначення залежності кількості втрат руди залежно від кута падіння рудного покладу, та запропоновано нову технологію відпрацювання рудних покладів з просуванням очисного вибою з лежачого боку на висячий в якій кут залягання майже не має впливу на якість вилучення.

**Ключові слова:** «Похилий потік», «під перекриттям», «втрати», «засмічення», «підземна розробка», «мертва зона», «еліпсоїда випуску».

doi: 10.31721/2306-5435-2020-1-107-117-122

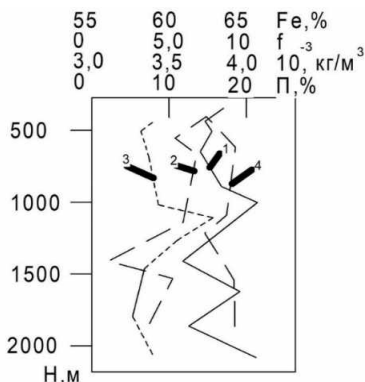
**Проблема та її зв'язок з науковим та практичним завданням.** Роботи по вилученню залізної руди з надр підземного Кривбасу ведуться вже понад 100 років. Глибина робіт очисного виймання на деяких шахтах Криворізького залізорудного басейну наблизилась до значущої глибини в 1500 м. Зі збільшення глибини проведення очисних робіт збільшуються ускладнення не тільки від проявів гірського тиску, а й від міцності та стійкості рудного масиву, та оточуючих порід.

Тому є сенс удосконалення існуючої технології яка б дозволила збільшити кількість вилученої сировини шляхом зменшення втрат корисної копалини в трикутнику лежачого боку покладу.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Шляхи вирішення втрат корисної копалини на лежачому боці були розроблені науковцями, ще у минулому столітті. Основними способами вирішення даної проблеми було створення додаткових «уловлюючих» горизонтів, створення різних варіантів випуску, визначався вплив інтенсивності відпрацювання покладу [1, 4-6].

Спираючись ще на результати геологічної розвідки які проводилася за радянські часи, слід зазначити як змінюються фізико-механічні властивості сировини, що видобувається. На рис.1, видно як з поглибленням ведення очисних робіт змінюється міцність, стійкість та пористість рудного масиву [8].

Так як, використання поверхово-камерних систем розробки зовсім не є доцільним, залишається вибір тільки за під-поверховими системами розробки. Відомо, що при випуску відбитої рудної маси велика кількість руди залишається на лежачому боці покладу. Дуже багато науковців займалося даною проблемою по зменшенню втрат на лежачому боці покладу. Найпоширеніший варіант такої проблеми є втрати на лежачому боці. Виходячи з таких умов, ми бачимо, що зі збільшенням глибини, роботи по вилученню рудної сировини ускладнюються, тому ми пропонуємо впровадження сучасної технології відпрацювання рудних покладів системою розробки підповерхового обвалення з похилим потоком випуску руди під перекриттям непорушеного масиву.



**Рис. 1.** Графіки змін фізико-механічних властивостей залізної руди залежно від глибини: 1 – склад Fe %; 2 – щільність,  $\gamma$  кг/м<sup>3</sup>; 3 – коефіцієнт міцності,  $f$ ; 4 – пористість, П%

У зв'язку з погіршенням гірничо-геологічних умов традиційні технології формування компенсаційного простору не можуть бути реалізовані оскільки стійкість і міцність руд не дають можливості для створення компенсаційного простору, а втрати на лежачому боці із-за недостатнього кута падіння покладу - пропорційно збільшуються [9].

Спираючись на загально прийняті дослідження [1], об'єм рудної маси, який залишається на лежачому боці покладу представляє собою різницю об'єму паралелепіпеда (площею ABCD)

і половину об'єму еліпсоїда випуску (рис. 2)

$$V_0 = \frac{\alpha H}{\epsilon \operatorname{tg} l} + d \frac{\delta H}{\varnothing 2} s - Q'_{el},$$

де  $H$  – висота відбитого шару руди, м;  $\alpha$  – кут падіння рудного покладу, град;  $s$  – відстань між осями випускних отворів за простяганням, м;  $d$  – діаметри випускної воронки, м;  $Q'_{el}$  –

об'єм усіченого еліпсоїда випуску (висотою  $H$ ),  $m^3$ .

Зрозуміло, що зі зміною потужності рудних покладів рівень втрат також змінюється, але необхідно обрати варіант за умов яких, втрати будуть максимальні.

Розглянувши рис. 3, можна побачити, що за умов кута падіння рудного покладу  $50-55^\circ$  та потужністю до 40 м, втрати будуть займати левову частину. Тож необхідно запровадити розбурювання та випуск сирової руди похилим потоком. Це, в свою чергу, дасть змогу знизити кількість втрат.

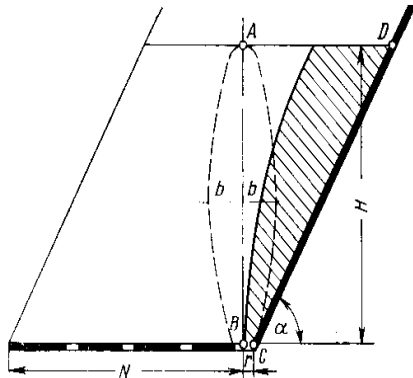


Рис. 2. Розрахункова схема до визначення рівня втрат руди на лежачому боці

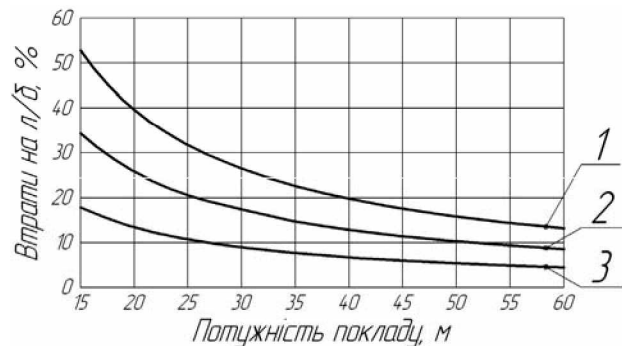


Рис. 3. Залежність втрат руди на лежачому боці при різних потужностях покладу: 1 – при куту падіння  $\alpha=50^\circ$ ; 2 – при куту падіння  $\alpha=55^\circ$ ; 3 – при куту падіння  $\alpha=60^\circ$

Для ліквідації втрат відбитої рудної маси на лежачому боці та підвищення ефективності вилучення по системі в цілому необхідно сформувати випуск руди під прикриттям непорушеного рудного тіла, яке дає змогу утворення нормального еліпсоїда випуску (рис.4).

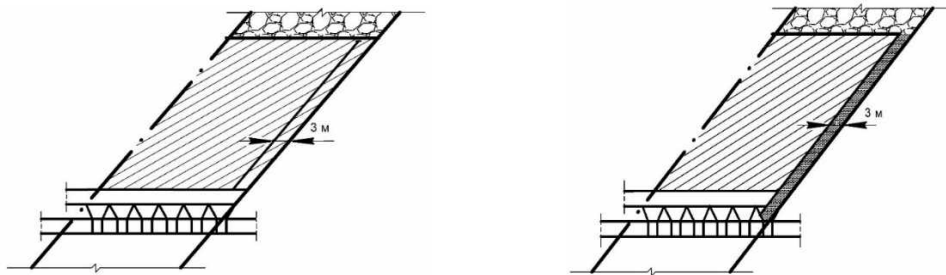


Рис. 4. Схема розбурювання та формування похилого потоку першого шару відбитої руди

Завдяки даній технології при випуску першого шару руди, відбита рудна маса виходить без засмічення оскільки з висячого боку знаходиться непорушена рудна маса. Підсмоктування пустих порід зі сторони лежачого боку відсутнє в результаті безперервного потоку відбитої рудної маси, а також від переущільнення пустої породи дією вибуху наступного. При просуванні ведення очисних робіт, висячий бік буде знаходитись під перекриттям непорушеного рудного масиву, а породи на лежачому боці, які прийшли вслід за відбитою рудою, будуть переущільненні за рахунок вибуху наступного віяла свердловин, тим самим дає нам змогу знизити засмічення та поліпшити стан вилучення чистої руди [2] (рис.5).

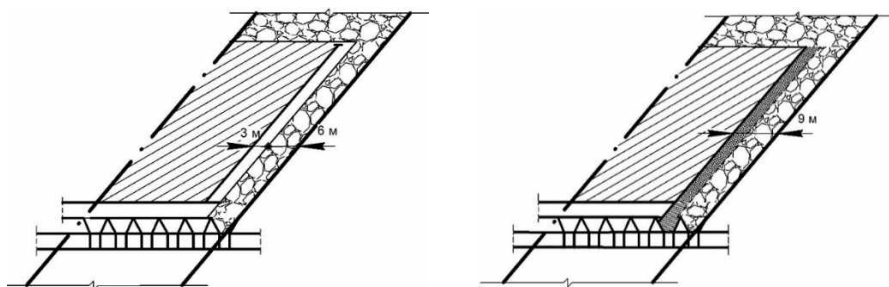
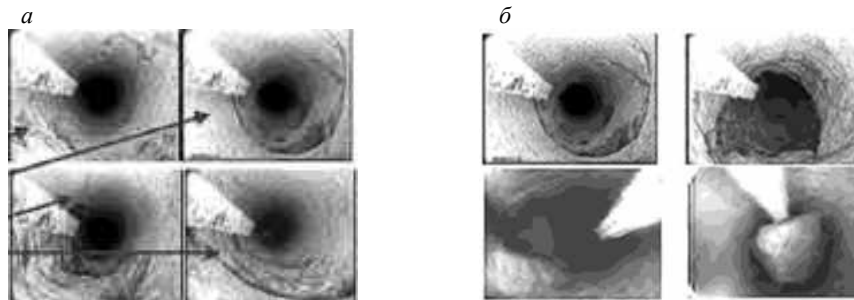


Рис.5. Схема розбурювання та випуску похилого потоку третього шару відбитої руди по ущільненим пустим породам

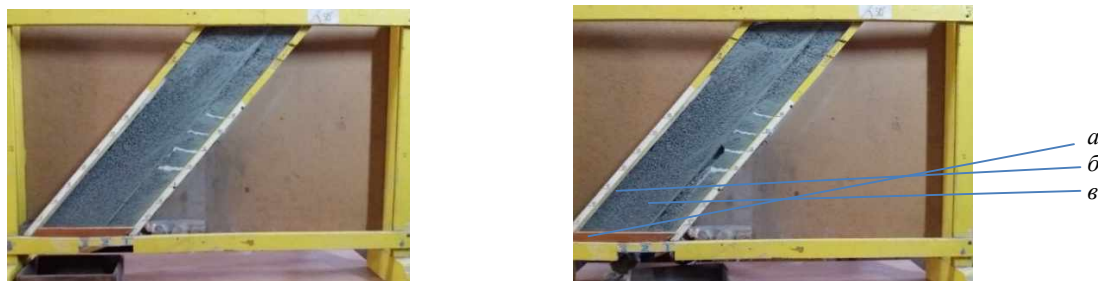
Дана технологія має значну перевагу в тому, що бурові роботи виконуються під перекриттям рудного масиву, і отримує можливість пошарового розбурювання віял свердловин. Оскільки роботи ведуться в м'яких та не стійких рудах при проведенні вибухових робіт трапляється затискання свердловин, що в подальшому суттєво вплине на якість заряджання ВР та збільшення виходу негабариту[7]. Як це видно на рис. 6а, б.



**Рис. 6.** Так виглядає свердловина: *а* – до початку ведення буро-вибухових робіт; *б* – характер порушень свердловин в наступному віялові при вибуху суміжного віяла

Як показує практичний досвід, втрати свердловин від складних гірничо-геологічних умов та впливу вибухових робіт негативно впливають на свердловини наступного віяла порушуючи його від 10 до 40%, що суттєво в кінцевому результаті впливає на свердловинне розбурювання. Тому не має сенсу проводити одразу всі бурові роботи, а з часом від просування випуску проводити бурові роботи. Завдяки такому підходу при бурінні свердловин створюються коливання рудного масиву, що поліпшує інтенсивність випуску.

При проведенні лабораторних дослідів на моделях з еквівалентними матеріалами (рис. 7) одразу помітно переваги запропонованої технології.



**Рис. 7.** Стадії випуску похилого потоку третього шару відбитої руди по ущільненим пустим породам під прикриттям непошкодженого рудного масиву: *а* – похилий потік відбитої руди; *б* – непошкоджений рудний масив; *в* – ущільнені вибухом пусті породи

Перевагою такої технології випуску є також ефект ущільнення пустих порід вибухом при послідовному відбиванні шарів руди. Отримавши переущільнений шар пустих порід використовують в якості площини, по якій безпосередньо здійснюється випуск відбитої руди. Завдяки даній технології, якість вилучення максимальна, а показники засмічення відсутні, як це видно в порівняльних знімках (рис.8).



**Рис. 8.** Вигляд лабораторної моделі по завершенню очисних робіт. *а* - випуск традиційною технологією з доставних штреків

Виходячи з проведених лабораторних досліджень показники вилучення базуються на отриманих даних процесу випуску. Розрахунок зроблено з отриманих даних в чисельному вигляді. Завдяки отриманим даним, на рис. 9 було побудовано графік залежностей випуску рудної маси до початку її засмічення.

Дані проведені дослідження доводять той факт, що при відсутності формування нормальної еліпсоїди випуску, втрати в трикутнику лежачого боку відсутні, що обумовлює основним показником вилучення корисного компоненту з надр.

**Рис.9.** Графік залежності втрат корисної копалини на лежачому боці

**Висновки та напрямок подальших досліджень.** Технологія відпрацювання рудного покладу з веденням очисних робіт під перекриттям непопущеного масиву збільшує термін існування гірничих виробок оскільки відсутність виробленого простору знижує вплив на виробки. Побудувавши залежності і порівнявши дані технології отримали, що при даній технології відсутні критичні втрати на лежачому боці. Рівень засмічення мінімальний.

Подальшою необхідністю є визначення впливу інтенсивності відпрацювання блоку. Таким чином необхідно розглянути вплив розмірів фракції для отримання кращих показників вилучення до початку засмічення.

#### Список літератури

1. Калініченко В.О. Про питання зниження втрат руди на лежачому боці покладів / В. О. Калініченко, В. М. Тарасютін, С. В. Письменний, О. Л. Шепель // Гірничий вісник : науково-технічний збірник. – Кривий Ріг, 2015. – Вип. 99. – С. 42–44.
2. Kalinichenko, O., Fedko, M., Kushnerov, I., Hryshchenko, M. (2019) Muck drawing by inclined two-dimensional flow. *E3S Web of Conferences*, 123, art. no. 01015. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912301015>
3. Ступнік М.І. Випуск руди з малорухомої зони на лежачому боці покладу похилим очисним вибоєм / М. І. Ступнік, В. О. Калініченко, О. В. Калініченко, М. А. Грищенко // Гірничий вісник : науково-технічний збірник. – Кривий Ріг, 2018. – Вип. 104. – С. 3–8.
4. M.Stupnik, O.Kalinichenko. Investigation of muck drawing in blocks with trapezoid sills. *E3S Web Conf. Volume 60*, art. no. 00021, 2018. (Scopus).Ukrainian School of Mining Engineering. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000021>
5. Калініченко О. Дослідження та удосконалення процесу випуску відбитої руди в блоках с трапецієподібним днищем / М. Ступнік, О. Калініченко // Школа підземної розробки: тези доповідей XII Міжнародної науковопрактичної конференції/редкол.: В.І.Бондаренко та ін.. – Д.: ЛізуновПрес.2018. -116с.
6. Малахов Г.М., Безух В.Р., Петренко П.Д. Теория и практика выпуска руды. – М.: Недра, 1968. – 311 с.
7. Рыльникова М.В. К проблеме использования упругой энергии породного массива в качестве возобновляемого источника энергии / М.В. Рыльникова, Л.И. Маневич, В.А. Еременко, В.В. Смирнов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых/ - Новосибирск, 2015. – Вып. №6. – С. 119-132.
8. Глушко В.Т., Борисенко В.Г. Инженерно-геологические особенности железорудных месторождений. –М.: Недра, 1978. - 253
9. Чернокур В.Р., Шкребко Г.С., Шелегда В.И. Добыча руд с поэтажным обрушением. – М.: Недра, 1992. – 271 с.
10. Сторчак С.А. / Совершенствование системы поэтажного обрушения / С.А. Сторчак, В.А. Щелканов, В.А. Витряк, В.А. Сбитнев, В.О. Хивренко // Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог: КТУ. – Вып. 74. – 2001. – С. 39-42

Рукопис подано до редакції 14.04.2020

