

А.М. ПИЖИК, М.М. ПИЖИК, кандидати техн. наук, доценти, І.О. ПАШКОВА, асистент  
Криворізький національний університет  
С.А. ПИЖИК, гірн.майстер, ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

## ТЕХНОЛОГІЯ СКЛАДУВАННЯ БЕЗРУДНИХ ГІРСЬКИХ ПОРІД У ВИРОБЛЕНОМУ ПРОСТОРІ ВИВЕДЕНОГО З ЕКСПЛУАТАЦІЇ КАР'ЄРУ

**Мета.** Проблема рекультивациі навколишнього середовища на сучасному рівні розвитку гірничодобувного виробництва досягла екстремальних значень. Сотні тисяч гектарів природних ресурсів практично назавжди виведені з балансу сільськогосподарських угідь. Сучасне гірське виробництво, як ніколи, гостро потребує розробки ефективних ресурсозберігаючих технологій. Мета наданої роботи присвячена саме цьому питанню і полягає в розробці ефективної технології складування безрудних гірських порід у виробленому просторі виведеного з експлуатації кар'єру.

**Методи дослідження.** Для досягнення поставленої мети роботи використано метод комплексного дослідження. Був виконаний достатньо глибокий аналіз патентних, наукових, довідкових літературних джерел та технічної документації. Був проаналізований сучасний досвід діючих гірничо-видобувних підприємств щодо технологій розміщення пустих порід у виробленому просторі гірничих виробок.

**Наукова новизна.** На вітчизняних гірничодобувних підприємствах станом на сьогоднішній день питання рекультивациі порушених земель набрало своєї граничної значущості. Характерним прикладом може бути ландшафт Криворізького регіону. Сотні гектарів зайняті виробітками виведених з експлуатації кар'єрів. В наданій роботі запропоновано високоефективну технологію розміщення безрудних гірських порід у відкритих виробках виведених з експлуатації, яка характеризується високими техніко-економічними показниками.

**Практична значимість.** Пропонована технологія розміщення безрудних гірських порід у виробленому просторі кар'єрів, що виведені з експлуатації, характеризується принципово новим підходом до вирішення даного питання. Рішення, що рекомендується, характеризується високими техніко-економічними показниками, значними показниками інтенсификації ведення робіт, суттєвим рівнем безпеки. На умови застосування даної технології не в якій мірі не впливають ні гірничо-гідрологічні не гірничо-технологічні характеристики виведеної з експлуатації гірничої виробки. В основі її використання закладені переваги вибуху на скидання.

**Результати.** Аналіз існуючих технологій розміщення безрудних гірських порід у виробленому просторі виведених з експлуатації відкритих гірських виробок свідчить, що всі вони характеризуються досить складними методиками їх реалізації на практиці, високими економічними показниками, наявністю граничних умов їх застосування. Пропонований метод повною мірою позбавлений даних недоліків і цілком гідний до використання на практиці. Він характеризується високим показниками інтенсификації робіт, відсутністю залежності використання від гірничо-гідрологічних або гірничо-технологічних умов.

**Ключові слова:** вироблений простір, складування, безрудні гірські породи, технологічні та робочі параметри драглайну, призма можливого обрушення, технологічні свердловинні заряди, вибух на скидання.

doi: 10.31721/2306-5451-2023-1-57-77-80

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Сучасне гірниче підприємство з видобування корисних копалин відкритим способом характеризується значними витратами земельних ресурсів. Так, наприклад, параметри земельного відводу гірничо-збагачувального комбінату ОАО «ПівдГЗК» на теперішній час складають 837 гектарів. Цей показник має ненабагато менше значення, а то і більше, відносно інших ГЗК Кривбасу. Під кар'єри, відвали, шламосховища задіяні тисячі гектарів сільськогосподарських земель, які в недалекій перспективі повинні бути повернені у народне господарство. Процес повернення земельних ресурсів, це комплекс проектних, гірничо-технологічних і біологічних питань, які необхідно враховувати і вирішувати ще до виведення гірничого підприємства з експлуатації.

Слід відзначити, що весь комплекс робіт з гірничо-технологічної рекультивациі не є матеріально прибутковим для підприємства. Відповідно вони повинні виконуватися з використанням сучасних високоефективних і економічних технологій.

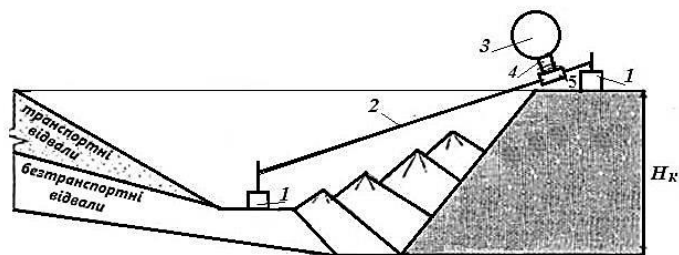
Як свідчить практика, нині, при вирішенні питань гірничо-технологічної рекультивациі, досить складним є питання відносно вибору технології розміщення гірських порід у виробленому просторі виведеного з експлуатації кар'єру. Геометричні параметри сучасних кар'єрів (глибина, ширина та довжина верхнього контуру) суттєво впливають на техніко-економічні показники цих робіт. Використання транспортної системи пов'язане з необхідністю вирішення комплексу досить складних технологічних і організаційних питань. Постійно міняється форма траси для перевезення гірських порід у вироблений простір кар'єру, її план і профіль, відстань транспор-

тування та ін. Як підсумок все це відбивається на досить високих значеннях економічних показників цих робіт.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Вирішенню питання по розробці високоефективної та економічної технології розміщення розкривних порід у виробленому просторі виведеного з експлуатації кар'єру присвячена велика кількість наукових і інженерних робіт, які в даний час використовуються на практиці.

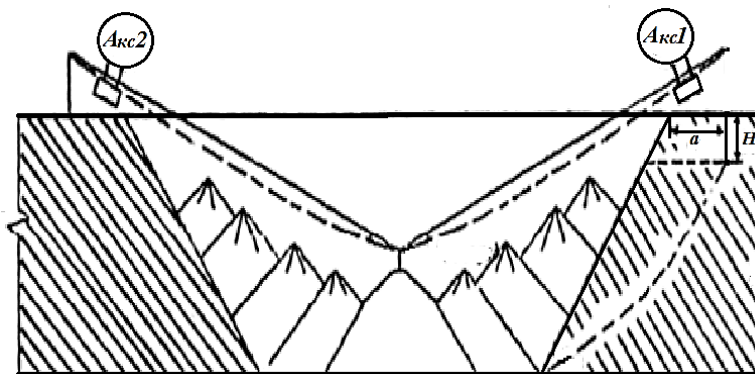
В дисертаційній роботі Капустіної С.В. проаналізовані діючі та запропонована принципово нова технологія розміщення розкривних порід у виробленому просторі виведених з експлуатації кар'єрів з використанням аеростатно-канатної транспортної системи (АКС) [2].

На рис. 1 наведена технологічна схема розміщення розкривних порід у вироблений простір кар'єру за допомогою аеростатно-канатного спуску. Сутність пристрою і функціонування АКС полягає у зворотньо-поступовому переміщенні каретки 4 з закріпленим на ній аеростатом 3 і транспортною ємністю 5 по напрямним канатам 2, які натягнуті між опорами 1, що встановлені на нижньому та верхньому горизонтах кар'єру. Аеростат використовують у АКС з метою полегшення вантажу, який транспортується (зниження навантаження на канатну магістраль) та створення аеростатичної сили тяги для підйому розвантаженої ємності на верхній горизонт.



**Рис.1.** Схема внутрішнього відвалоутворення за допомогою аеростатно-канатного спуску (по В.Д. Буткіну та О.С. Моріну): 1 - опори; 2 - напрямні канати; 3 – аеростат; 4 – каретка; 5 – транспортна ємність

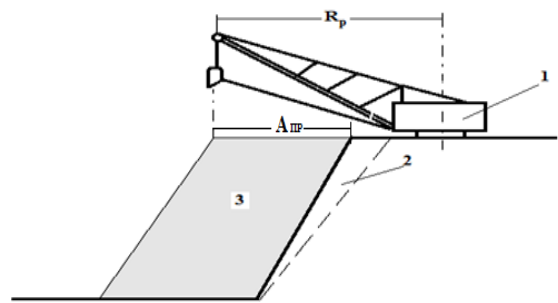
На рис.2 наведена технологічна схема використання двомагістрального аеростатно-канатного спуску для доставки гірської маси у вироблений простір кар'єру. За даними авторів особливості АКС створюють можливість у любых гірничо-геологічних умовах (включаючи нестійкі породи) розміщувати розкрив у внутрішніх відвалах на усю глибину і по усьому периметру кар'єру без внутрішньокар'єрних шляхів і доріг, забезпечуючи суттєве зниження енерго- та ресурсомісткості. Головну роль при цьому грає великий радіус дії АКС та можливість переміщення порід по найкоротшим надземним траєкторіям з використанням та частковою регенерацією енергії вантажів, які спускаються у низ.



**Рис.2.** Двомагістральний АКС з двома пунктами завантаження (по Буткіну В.Д. і Капустіної С.В.)

Програма широкого використання ресурсозберігаючих та природоохоронних технологій реалізується гірничим департаментом ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг». Для розміщення розкривних порід, які виймаються у кар'єрі №2біс, використовується вироблений простір виведеного з експлуатації кар'єру №1. Принципова схема технології виконання даних робіт наведена на рис.3.

**Рис.3.** Технологія розміщення розкривних порід у вироблений простір кар'єру за допомогою драглайну: 1 – драглайн; 2 – призма можливого обрушення гірського масиву; 3 – розкривні породи, які розміщені у виробленому просторі драглайном



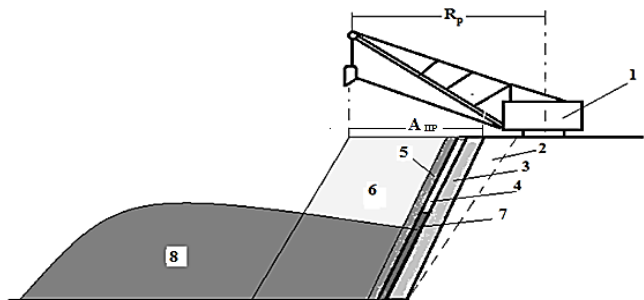
**Постановка завдання.** На відмову від вище наведених технологій це рішення не потребує досить складних спеціальних пристроїв, воно базується на використанні типового гірничо-технологічного обладнання. Але, як свідчить практика, на ефективність її використання істотно впливає співвідношення робочих параметрів драглайну та параметрів кар'єру: максимальний радіус розвантаження драглайну, глибина, ширина та довжина верхнього контуру та ін. Під час розміщення гірської породи у виробленому просторі, на борту кар'єру формується призма, параметри якої (ширина по верху  $A_{пр}$ ) будуть визначати повноту заповнення виробленого простору. Розташовувати драглайн на покрівлі даної призми заборонено з причини її можливого обвалення. Дана технологія для кожної марки драглайну має свої граничні параметри, які визначаються максимальним радіусом розвантаження екскаватора ( $R_p$ ). Для збільшення повноти заповнення виробленого простору кар'єру слід використовувати драглайн з більшими робочими параметрами, що пов'язане зі значними капітальними витратами.

**Викладення матеріалу та результати.** При використанні технологічного рішення, що пропонується, роботи по розміщенню розкривних порід у виробленому просторі кар'єру виконуються з високим рівнем техніко-економічних показників. Не виникає потреби використовувати спеціалізоване обладнання, виключається залежність ефективності заповнення простору кар'єру від параметрів технологічного обладнання, значно скорочується час виконання робіт. Основною перевагою запропонованої технології є використання енергії направленої вибуху на скидання.

Пропоноване технічне рішення базується на використанні енергії направленої вибуху на скидання для розміщення гірської маси у виробленому просторі кар'єру, яка попереднє відвантажувалась на укіс борту кар'єру драглайном. Дане рішення суттєво впливає на техніко-економічні та часові показники процесу розміщення розкривних порід у виробленому просторі виведеного з експлуатації кар'єру.

Методика практичного використання запропонованої технології наведена на рис. 4.

**Рис. 4.** Технологія розміщення порід розкриву у виробленому просторі кар'єру з використанням направленої вибуху на скидання: 1 - драглайн; 2 - призма можливого обрушення; 3 – шар з тонкодисперсної гірської маси; 4 – ПВХ труби  $\text{Ø}220 \div 250$  мм; 5 – шар з тонкодисперсної гірської маси; 6 – гірська маса, яка відвантажувалась у вироблений простір кар'єру за допомогою драглайну; 7 – заряд вибухової речовини; 8 – розміщення гірської маси після вибуху на скидання



Попереднє, на укіс борту виведеного з експлуатації кар'єру, за допомогою драглайну відсипається шар дрібнодисперсної гірської маси 3 і здійснюється виположування укусу, при цьому ширина сектору виположування по периметру верхнього контуру кар'єру приймається довільно. Після цього, на відсипаний шар з дрібнодисперсної гірської маси 3 на всю глибину кар'єру вкладаються ПВХ труби 4 діаметром  $0,22 \div 0,25$  м з інтервалом 6 ÷ 7 метрів. Зверху, за допомогою драглайну, труби вкриваються шаром хвостів або іншою тонко дисперсною гірською масою 5. Товщина шару 5 повинна забезпечити цілісність ПВХ труб 4 при подальшому розташуванні драглайном пустих порід у виробленому просторі кар'єру 6. На момент, коли ширина призми з порід розкриву ( $A_{пр}$ ), що складаються у вироблений простір кар'єру 6, досягне кінцевого значення, яке визначається радіусом розвантаження драглайну ( $R_p$ ), відвантажувальні роботи призупиняються. Після цього в ПВХ трубах з використанням промислової вибухової речовини, техніки і технології формуються свердловинні заряди на скидання і виконується їх підривання. Направленим вибухом на

скидання розкривні породи розміщуються по дну виробленого простору кар'єру. Укіс борту кар'єру оголюється і драглайн розпочинає новий цикл робіт.

**Висновки та напрямок подальших досліджень.** Запропонована технологія виключає необхідність використовувати спеціалізовані пристрої та техніку. Роботи виконуються серійним технологічним гірничим обладнанням, яке може бути задіяне у промисловому виробництві. Пункт доставки розкривних порід для їх подальшого перевантаження у вироблений простір кар'єру драглайном довгий час залишається стаціонарним, що зменшує об'єм робіт, які пов'язані з переоснащенням пунктів прийому гірської маси. Кінцеве розміщення порід розкриву у виробленому просторі відпрацьованого кар'єру здійснюється за рахунок використання енергії направленої вибуху на скидання, що суттєво впливає на техніко-економічні та часові показники процесу.

Напрямок подальших досліджень полягає в комплексному вивченні фізики вибуху на скидання з урахуванням дійсних гірничо-технологічних та гідрогеологічних умов його виконання, розробці методики розрахунку основних параметрів промислового вибуху на скидання, вдосконаленні комплексних інженерних рекомендацій по застосуванню розробленої технології в промислових умовах.

### Список літератури

1. **Пижик А.М., Пижик М.М., Пашкова І.О., Пижик С.А.** Патент на корисну модель №151821 Спосіб складування безрудних гірських порід у виробленому просторі виведеного з експлуатації кар'єру Зареєстровано в Державному реєстрі України корисних моделей 14.09.2022.
2. **Капустина С.В.** Автореферат дисертації по разработке полезных ископаемых, 05.15.03, Технология размещения вскрышных пород в погашенные карьеры с использованием аэростатно-канатных транспортных систем., Красноярск, 2000.
3. **Михайлов О.М.** Охрана окружающей среды на карьерах: Учеб. Пособие. –К.: Вища шк., 1990. – 264 с.
4. **Прокопенко В.И., Мормуль Т.Н., Литвинов Ю.И.** Развитие технологических схем открытой разработки горизонтальных месторождений с целью землесбережения, Государственный ВУЗ «Национальный горный университет», Днепропетровск, Украина, Екологія і природокористування, 2012, Випуск 15.
5. **Буткин В.Д., Морин А.С., Точилин В.И.** Об аэротехнологиях на карьерах. В кн.: Проблема открытой добычи угля в Кузбассе. – Кемерово. Изд. «Родник», 1990, -с. 81 – 83.
6. **Морин А.С.** Изыскание эффективных аэростатно-канатных транспортных систем для открытых горных работ. Автореферат кандидатской диссертации. Иркутск, 1993.
7. **Васильев Г.А.** Вскрытие Алтын-Топкинского месторождения полезных ископаемых массовыми взрывами на сброс. – В кн.: Применение массовых взрывов в горной промышленности и строительстве. М., изд. ГОИНТИ, 1960. С. 37-39.
8. **Дороничева Л.А.** Массовые взрывы для вскрытия Байничанского месторождения в КНР. – В кн.: Применение массовых взрывов в горной промышленности и строительстве. М., изд. ГОИНТИ, 1960. С. 50-56.
9. **Кузнецов В.М., Лаврентьев М.А., Шер Е.Н.** О направленном выбросе грунта при помощи ВВ. – ПМТФ. 1960, №4. С. 49-50.
10. **Кузнецов В.М., Шер Е.Н.** Направленный взрыв в грунте. – В кн.: Взрывные работы в современных условиях, №50/8. М., Госгортехиздат, 1963. С. 22-39.
11. **Черниговский А.А.** Направленный выброс горной породы системой скважинных зарядов. – В кн.: Взрывные работы в современных условиях, №50/8. М., Госгортехиздат, 1963. С. 13-22.
12. **Давыдов С.А., Кузнецов В.А.** Взрывание на выброс траншейными зарядами ВВ. – В кн.: Взрывное дело, №69/26. М., «Недра», 1970. С. 168-174.

Рукопис подано до редакції 04.10.23

УДК 622.77

Т.А. ОЛІЙНИК, д-р техн. наук, проф., В. В. НЕВЗОРОВ, аспірант  
Криворізький національний університет

## ТОНКЕ ГРОХОЧЕННЯ ЯК СПОСІБ ВИРІШЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПИТАНЬ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ВИСОКОЯКІСНИХ ЗАЛІЗОРУДНИХ КОНЦЕНТРАТІВ

**Мета.** Метою даних досліджень є оцінка можливості застосування тонкого грохочення у схемах переробки залізрудних концентратів для підвищення їх якості.

**Методи дослідження.** Вивчення та аналіз публікацій по застосуванню тонкого грохочення у різних галузях: нафтогазова, будівельна, видобувна та інші. Лабораторно-аналітичні дослідження для визначення найбільш оптима-