

УДК 504.3.054:504.062.2

Тверда О.Я.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Репін М.В.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Ткачук К.К.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Радецька О.Й.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ ЗАРЯДУ ДЛЯ ВИБУХОВОГО РУЙНУВАННЯ СКЕЛЬНИХ ПОРІД

У статті обґрунтовано еколого-економічну ефективність застосування розробленої конструкції заряду та забійки свердловин. Ресурсозберігаюча конструкція заряду передбачає застосування радіального проміжку між зарядом та стінкою свердловини. Проміжок заповнюється інертною речовиною з високою акустичною жорсткістю. Розроблена конструкція забійки передбачає двостадійну очистку від шкідливих газів, утворених у процесі вибухового руйнування скельних порід. Очистка від газів, утворених під час вибуху, базується на хемосорбції газів негашеним вапном або відходами виробництва, які його включають, та фізико-хімічній сорбції цеолітами.

Ключові слова: конструкція заряду, забійка, свердловина, газу, пил, кар'єр, екологічний податок, викиди, еколого-економічний ефект.

Постановка проблеми. Розроблення родовищ скельних порід є видом економічної діяльності, який забруднює довкілля. Відкритий спосіб розроблення родовищ приводить до забруднення водного та повітряного басейнів забруднюючими речовинами, зміни, порушення структури та погіршення якості родючого шару ґрунту, а також значних ландшафтних порушень. Це викликає загибель або деградацію рослинного та тваринного світу. Також значні земельні ділянки займаються хвостосховищами та відвалами гірських порід [1].

Кожен технологічний процес під час видобутку корисних копалин здійснює негативний вплив на довкілля [2; 3]. Основними джерелами пилоутворення під час розроблення родовищ відкритим способом є буріння, підривання, первинне та вторинне подрібнення, виймально-навантажувальні роботи та операції, пов'язані з переміщенням гірської маси. Окрім того, на рівень забруднення атмосфери впливають процеси, безпосередньо пов'язані з веденням відкритих гірничих робіт (відвалоутворення) [3].

Під час проведення гірничих робіт у повітряне середовище надходить значна кількість шкідливих газів. У викидах шкідливих речовин містяться як хімічні речовини, що входять до складу гірських порід, так і речовини, які виділяються в процесі вибухового руйнування порід та під час роботи машин і механізмів, що застосовуються у технології виробництва щебню. Емісія цих шкідливих речовин приводить до поступової деградації насаджень, зниження їх продуктивності та втрати стійкості. Під впливом «чужорідних» для живих організмів речовин порушується ультрамікроскопічна структура клітин рослинних організмів, сповільнюється інтенсивність ростових та продуктивних реакцій, знижується тривалість життя організмів, прискорюються процеси старіння [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз досліджень впливу кар'єрів скельних порід на стан довкілля показав, що детально вивчено вплив різноманітних чинників на процес вибухового руйнування скельних порід, розроблено конструк-

ції зарядів та забійок, які дають змогу регулювати вплив на довкілля, розроблено методики розрахунку параметрів вибухових робіт, що враховують фізико-механічні властивості та структурно-текстурні особливості масивів гірських порід, впроваджено нові вибухові речовини, засоби ініціювання зарядів, розроблено способи пилоподавлення та нейтралізації шкідливих газів.

Однак, незважаючи на отримані результати щодо забезпечення високого рівня екологічної безпеки кар'єрів скельних порід, проблема підвищення екологічних показників технологічних процесів вимагає подальшого вирішення.

Під час вибухового руйнування скельних порід на кар'єрі є перевищення гранично допустимих концентрацій пилу та газів, які зазвичай спостерігаються також за межами санітарно-захисної зони, що зумовлює підвищення ризику захворювання як працівників, так і населення прилеглих територій.

Розроблені конструкції зарядів не знайшли широкого застосування через складність, трудомісткість та дороговизну. Розроблені конструкції забійок спрямовані на збільшення опору виштовхуванню, а проблемі фільтрації продуктів детонації через матеріал забійки уваги приділено недостатньо. Конструкції забійок, які розроблені задля зменшення викидів газів, утворених під час вибуху, є або дорогими, або трудомісткими.

Способи пилоподавлення та нейтралізації шкідливих газів є трудомісткими та потребують значних додаткових фінансових витрат. Окрім того, такі способи не вирішують проблему ресурсозбереження, яка для кар'єрів скельних порід є, на відміну від залізрудних, важливою.

Виходячи з проведеного аналізу наукових та практичних досягнень, автори розробили конструкцію заряду, що реалізується за рахунок застосування радіального проміжку між зарядом та стінкою свердловини, який заповнюється інертною речовиною з високою акустичною жорсткістю, а також конструкцію забійки, яка передбачає двостадійну очистку від шкідливих газів, утворених у процесі вибухового руйнування скельних порід, і базується на хемосорбції газів негашеним вапном або відходами виробництва, які його включають, та фізико-хімічній сорбції (адсорбції) цеолітами (рис. 1).

Результати досліджень показують, що зі збільшенням акустичної жорсткості розчину, який пропонується використовувати як заповнювач проміжку між зарядом та свердловиною, пік тиску у ближній до заряду зоні зменшується. Максимуму такого зменшення можна досягнути під час використання щільного розчину, наприклад водного розчину

Ферум (III) сульфату. Так, за умов його застосування максимальний тиск у ближній до заряду зоні, яка є основним джерелом пилоутворення, складає $8,1 \cdot 10^6$ Па. Водночас за умов застосування води, яка набула широкого практичного використання, такий тиск складає $10 \cdot 10^6$ Па, що майже на 20% більше.

Варто відзначити, що розчини з більшою акустичною жорсткістю дадуть змогу зменшити обсяг пилоутворення та підвищити однорідність фракційного складу гірської маси. Це можна зробити за рахунок зменшення амплітуди хвиль тиску на межі розподілу середовищ «заповнювач проміжку – гірська порода» та збільшення ширини амплітуди. Окрім того, такий підхід дає змогу підвищити рівень ресурсозбереження. Зокрема, він сприяє зменшенню втрат через переподібнені фракції, які є відходами гірничого виробництва й складаються у відвали, що здійснюють негативний вплив на довкілля через пилоутворення.

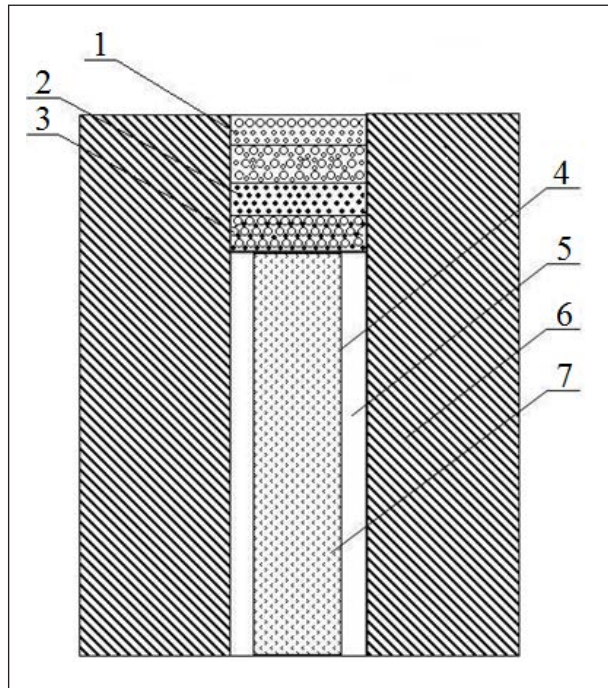


Рис. 1. Розроблена конструкція заряду із забійкою (1 – цеоліт; 2 – негашене вапно; 3 – щебінь фракції 5–25 мм; 4 – поліетиленовий рукав; 5 – проміжок між зарядом та стінкою свердловини; 6 – гірська порода; 7 – вибухова речовина)

Двостадійна очистка від шкідливих газів, яка базується на хемосорбції газів негашеним вапном та фізико-хімічній сорбції (адсорбції) цеолітами, може забезпечити повну хімічну нейтралізацію NO_2 і CO_2 , а також нейтралізацію CO цеолітами. Окрім того, таку забійку необхідно враховувати під час вибору раціонального типу вибухової речовини для проведення підричних робіт у конкретних гірничо-геологічних умовах.

Постановка завдання. Метою статті є обґрунтування еколого-економічної ефективності застосування розробленої конструкції заряду та забійки свердловин.

Виклад основного матеріалу дослідження. За рахунок впровадження у технологію вибухових робіт розробленої конструкції свердловинного заряду, включаючи забійку, можна досягнути зменшення зони переподрібнення, зниження викиду пилу та шкідливих газів, підвищити рівень ресурсозбереження та зменшити дію сейсмічного ефекту [5]. Однак водночас ймовірним є забруднення перетнутих водних горизонтів, що в подальшому зумовлює необхідність підготовки води залежно від цільового призначення [6; 7].

На прикладі Товкачівського ГЗК розраховано, яку кількість гірської маси за затверджених уже параметрів вибуху можна перенести з переподрібненої фракції у товарну. Обсяг підірваної гірської маси у середньому, згідно з даними підприємства, становить за рік 750 тис. т.

Таким чином, з урахуванням результатів експерименту обсяг переподрібненої фракції за умови застосування традиційної конструкції заряду становитиме близько 30 000 м³/рік, а за умови застосування запропонованої конструкції – близько 15 000 м³/рік. Додатковий дохід під час реалізації товарної продукції в такому обсязі складе:

$$15\,000\text{ м}^3/\text{рік} \cdot 2700\text{ кг/м}^3 \cdot 10^{-3} \cdot 100\text{ грн./т} = 4\,050\,000\text{ грн./рік.}$$

Водночас затрати, які понесе підприємство на закупку необхідних матеріалів, будуть включати:

1) вартість поліетиленового рукава (390 грн./500 м);

2) вартість Ферум III сульфату (1 100 грн./т).

Вартістю води можна знехтувати, оскільки значна кількість свердловин є обводненою, а забирати її можна не з комунального постачання. Необхідні витрати на закупку поліетиленових рукавів також можна зменшити у 2 рази, оскільки для обводнених свердловин підприємство змушене їх закуповувати без упровадження нової конструкції заряду.

З огляду на кількість свердловин на рік закупка поліетиленових рукавів необхідного діаметра обійдеться підприємству у близько 8 000 грн. з урахуванням середньої вартості на ринку. Сума на закупку Ферум III сульфату з урахуванням того, що на одну свердловину необхідно 175 кг, складе 121 275 грн./рік. Витрати на транспортування складуть близько 5 000 грн.

Таким чином, економічний ефект упровадження лише розробленої конструкції заряду зі стандартною забійкою складе:

$$E_{\text{зар}} = 4\,050\,000 - 8\,000 - 121\,275 - 5\,000 = 3\,915\,725\text{ грн.}$$

За умови впровадження запропонованої конструкції забійки з урахуванням [8] можна уникнути податку за викиди забруднюючих речовин або мінімізувати його. Так, під час традиційного підривання в атмосферу з 1 кг Гранеміту І30-У викидаються такі речовини: NO₂ (21 л); CO (27 л); CO₂ (78 л); N₂ (215 л). Орієнтовні витрати на виплату екологічного податку за такі викиди наведено в табл. 1. Обсяги викидів розраховано з урахуванням середньої кількості свердловин на рік та відповідної маси вибухової речовини, що в них заряджається (360 кг вибухової речовини на 1 свердловину в середньому).

Однак для реалізації конструкції свердловинної забійки підприємству необхідно включити у статті своїх витрат витрати на негашене вапно та цеоліти:

1) вартість негашеного вапна становить 900 грн./т;

2) вартість цеоліту становить 5 000 грн./т.

З огляду на кількість свердловин на рік та необхідну кількість негашеного вапна (в середньому 60 кг на одну свердловину) така закупка обійдеться підприємству у 34 000 грн. з урахуванням середньої вартості на ринку. Сума на закупку цеоліту з урахуванням того, що на одну свердловину необхідно в середньому 15 кг, складе 50 000 грн./рік. Витрати на транспортування складуть близько 10 000 грн.

Таким чином, економічний ефект від упровадження лише розробленої конструкції забійки з традиційною конструкцією заряду складе:

$$E_{\text{заб}} = 1\,528\,108 - 34\,000 - 50\,000 - 10\,000 = 1\,434\,108\text{ грн.}$$

Загальний еколого-економічний ефект запропонованих рішень складе:

$$E = 3\,915\,725 + 1\,434\,108 = 5\,349\,833\text{ грн./рік.}$$

В результаті запровадження розроблених рішень підприємства гірничої галузі зможуть отримати не лише еколого-економічний ефект, але й соціальний, пов'язаний з мінімізацією ризиків для здоров'я працівників та населення прилеглих територій.

Висновки. Розроблено конструкцію заряду, що реалізується через застосування радіального проміжку між зарядом та стінкою свердловини, який заповнюється інертною речовиною з високою акустичною жорсткістю. Розроблено конструкцію забійки, яка передбачає двостадійну очистку від шкідливих газів, утворених у процесі вибухового руйнування скельних порід, і базується на хемосорбції газів негашеним вапном або відходами виробництва, які його включають, та фізико-хімічній сорбції (адсорбції) цеолітами.

Орієнтовні суми екологічного податку, які сплачує підприємство за рік

Забруднююча речовина	Ставка податку, грн./т	Обсяг викиду, т/рік	Сума екологічного податку, грн./рік
Нітроген (IV) оксид	2 451,84	329	806 655
Карбон (II) оксид	92,37	7 655	707 092
Карбон (IV) оксид	0,41	3 5027	14 361
Сума			1 528 108

Визначено загальний еколого-економічний ефект запропонованих рішень, який склав 5 349 833 грн./рік. В результаті запровадження розроблених рішень підприємства гірничої галузі

зможуть отримати не лише еколого-економічний ефект, але й соціальний, пов'язаний з мінімізацією ризиків для здоров'я працівників та населення прилеглих територій.

Список літератури:

1. Гінзула М. Оцінка джерел забруднення повітряного басейну викидами промислового підприємства ТзОВ «Бурдяківський спецкар'єр». *Наукові записки*. 2011. № 2. С. 196–201.
2. Головин А. Оценка состояния окружающей среды Михайловского ГОКа. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2002. № 9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-sostoyaniya-okruzhayuschey-sredy-mihaylovskogo-go-ka> (дата звернення: 20.02.2017).
3. Шувалов Ю., Ильченкова С., Гаспарьян Н., Бульбашев А. Снижение пылеобразования и переноса пыли при разрушении горных пород. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2004. № 10. С. 75–78.
4. Гендлер С., Кузнецов В. Пространственное распределение экологического риска при работе железорудных карьеров. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2006. № 1. С. 196–200.
5. Крайчук С., Ремез Н., Тверда О., Дыняк С. Методика прогнозирования сейсмостойкости охраняемых объектов вблизи проведения взрывных работ. *Theoretical & Applied Science*. 2014. № 9 (17). С. 68–73.
6. Terentiev O., Tkachuk K., Tverda O., Kleshchov A. Electromagnetic focusing of impurities in water purification. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol. 4. № 10 (82). P. 10–15.
7. Terentiev O., Tkachuk K., Tverda O., Kleshchov A. Mathematical model of the reverse water postpurification at mining enterprises when using electromagnetic focusing of contaminants. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 1. № 10 (91). P. 10–16.
8. Воробьев В., Крючков А., Твердая О. Оценка скорости движения забойки при взрывах скважинных зарядов во взаимосвязи с результатами дробления горных пород. *Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва*. 2014. Вип. 1 (13). С. 11–19.

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ ЗАРЯДА ДЛЯ ВЗРЫВНОГО РАЗРУШЕНИЯ СКАЛЬНЫХ ПОРОД

В статье обоснована эколого-экономическая эффективность применения разработанной конструкции заряда и забойки скважин. Ресурсосберегающая конструкция заряда предусматривает применение радиального промежутка между зарядом и стенкой скважины. Промежуток заполняется инертным веществом с высокой акустической жесткостью. Разработанная конструкция забойки предусматривает двухстадийную очистку от вредных газов, образованных в процессе взрывного разрушения скальных пород. Очистка от газов, образованных при взрыве, базируется на хемосорбции газов негашеной известью или отходами производства, которые ее включают, и физико-химической сорбции цеолитами.

Ключевые слова: конструкция заряда, забойка, скважина, газы, пыль, карьер, экологический налог, выбросы, эколого-экономический эффект.

ECOLOGICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF THE RESOURCE-SAVING CHARGE FOR EXPLOSIVE DESTRUCTION OF ROCK

The ecological and economic efficiency of the using of the developed design of the charge and borehole drilling was justified in the article. The resource-saving charge design involves using a radial gap between the charge and the wall of the well. The gap is filled with an inert substance with high acoustic rigidity. The design of the stemming involves two-stage purification from harmful gases, formed during the explosive destruction of rocks. Purification from harmful gases is based on the chemisorption of gases by quicklime or production waste, which includes it, and physico-chemical sorption by zeolites.

Key words: charge design, stemming, well, gases, dust, quarry, environmental tax, emissions, environmental and economic effect.