

7. Червко В.И. Исследование метода рассеянного гамма-излучения для контроля содержания тяжелого компонента в жидких средах и взвесах сложного состава: Автореф. дис. канд. техн. наук. - Алма-Ата, 1975. - 16 с.
8. Азарян А.А. Математическое моделирование ядерно-физических методов анализа хромовых руд / А.А. Азарян, В.М. Серебrenников // Горный журнал. - 1968. - №6. - С. 8.
9. Azarian A. A. Geophysical methods for controlling the useful component content as the basis for the quality management system at mining and processing enterprises / A.A. Azarian, V.A. Azarian // Journal of Geology, Geography and Geoecology. -2020. -29(1). -p.3-15.
10. Kozhevnikov D.A. A Method of Geometrical Factors in the Theory and Interpretation of Formation Density Logging Data. / D.A. Kozhevnikov, I.Ph. Khatmullin // Nuclear Geophysics. -1990, Vol.4, No.4, pp. 413-424

УДК 622.235:622.271

Г.І. ЄРЕМЕНКО, канд. техн. наук, доц., Д.А. ТІТОВ, магістр, Академія гірничих наук України
С.М. ГЕНКУЛЕНКО, головний інженер ТОВ «РУДОМАЙН»
Д.В. ЗАГОРСЬКИЙ, гірничий інженер, директор ТОВ «БЛАСТКО МАЙНИНГ СЕРВІС»
О.П. СТІЛЕЦЬ, гірничий інженер, директор Центру з підричних робіт
Національного технічного університету (Дніпровська політехніка)

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ НОВИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ВАРІАЦІЙ ПАРАМЕТРІВ БПР В КАР'ЄРІ «ПІВДЕННИЙ» ТОВ «РУДОМАЙН»

Основною метою дослідження є формулювання змісту й алгоритму реалізації експериментальних досліджень для визначення можливості та шляхів максимально можливого зниження шкідливих впливів на довкілля масових технологічних вибухів у кар'єрах в межах населених пунктів шляхом створення доступних для підприємств спеціальних пілопридушуючих сумішей та технологій їх застосування.

Методами дослідження є факторний та компаративний аналіз результатів апаратної реєстрації даних щодо впливу розробленої авторами даної статті суміші на виділення мінерального пилу в процесі руйнування породного масиву вибухом на відкритих розробках.

Наукова новизна дослідження полягає в установленні закономірності впливу нового пілопридушуючого розчину на виділення мінерального пилу в атмосферу при руйнуванні скельних гірських порід вибухом.

Практичне значення. Подальший розвиток і виробниче застосування результатів досліджень забезпечить значне зниження викидів пилу за рахунок підвищення ефективності буро-вибухових робіт у залізорудному кар'єрі.

Результати. В експерименті загалом було використано 13 т розчину «DUSTRON™EX17» для розробки методу формування гідро-забивки свердловин. На 1 свердловину витрачено 400 л реагенту (250 л - у зовнішню гідро-забивку і 150 л - у внутрішню). Питомі витрати розчину реагенту - 0,619 м³/м³; вартість витрат розчину на 1 м³ гірничої маси складає 0,619 грн. Випробування розчину реагенту «DUSTRON™EX17» для формування гідро-забивок довели свою технологічність та екологічну ефективність. Використання реагенту «DUSTRON™EX17» знижує виділення пилу на 27%, а висоту пило-газової хмари - на 20-30 м. За результатами виконаних досліджень рекомендовано конструкції свердловинних зарядів з гідро-забивкою.

Ключові слова: гірська порода, вибухове руйнування, вибух, свердловинні заряди, гідро-забивка свердловин.

doi:10.31721/2306-5435-2022-1-110-22-27

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. На даний час Україна залишається одним зі світових лідерів щодо розробки покладів залізних руд, а Криворізький залізорудний басейн - головним регіональним осередком відкритих гірничих робіт та локалізації найпотужніших гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК) країни. Разом з тим, родовища високоякісних руд стрімко виснажуються, чим і зумовлюється абсолютно вимушене на даний час продовження розробки якісних залізних руд у відносно невеликих родовищах, які опинилися фактично в центральних густозаселених районах внаслідок закономірного розвитку міста Кривого Рогу як соціально-промислового комплексу освоєння унікальної за своїми масштабами та потужністю залізорудної формації уздовж її окремих найбагатших заруднених зон. Враховуючи ж екологічну та сейсмічну агресивність відкритих розробок, набуває неабиякої актуальності проблема нормалізації впливу факторів гірничих технологій на довкілля за даних умов. Особливо потужним чинником відкритих гірничих робіт є масові промислові вибухи, реалізація яких регламентується надзвичайно жорстко законодавством [1-7], що здебільшого вкрай

ускладнює функціонування гірничих підприємств, які розробляють відзначені вище родовища селитебних територій.

Аналіз досліджень і публікацій. На сьогоднішній день існує безліч наукових праць щодо вдосконалення буро-підривних робіт. Більшість з них присвячені оптимізації параметрів останніх та конструкції свердловинних зарядів ВР, а також - режимам їх підривання. Теоретичними й експериментальними дослідженнями [8-11] встановлено, що комплексно вплив на масив гірських порід може бути досягнутий тільки при використанні міцної забивки, замикаючої в зарядній порожнині продукти вибуху до моменту руйнування породного середовища. При цьому слід зазначити, якщо в забивці також використовувати ПАР (поверхнево активні речовини) та повітряні проміжки, виникає можливість знизити викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від масових вибухів в кар'єрі, що й було покладено в ідею даних досліджень.

Постановка завдання. Враховуючи наведене вище, та умови, які склалися щодо кар'єру «Південний» ТОВ «РУДОМАЙН», авторами було сформульовано зміст та алгоритм реалізації експериментальних досліджень з метою визначення можливості та шляхів максимально можливого зниження шкідливих впливів на довкілля масових технологічних вибухів шляхом створення доступних для підприємств спеціальних пилопридушуючих сумішей та технології їх застосування.

Викладення матеріалу та результати. Підприємство ТОВ «РУДОМАЙН» розробляє родовище залізних руд (рудділянка №2 кар'єру «Південний»), яке знаходиться в південній частині Саксаганського району м. Кривий Ріг. Буро-підривні роботи (БПР) в кар'єрі виконує ТОВ «БЛАСТКО МАЙНИНГ СЕРВІС».

Корисна копалина ділянки №2 кар'єру «Південний» представлена багатими залізними рудами п'ятого залізного горизонту (PR1sx5f) раніше втраченими при підземному способі розробки шахтами колишнього РУ ім. Кірова, а також бідними рудами п'ятого залізного горизонту з бортовим вмістом $Fe_{\text{заг.}}$ - 36%, які колись відносилися до розкривних порід.

Багаті залізні руди представлені сумішшю залишків мартитових руд з різними породами, що вміщують домішки глинистого матеріалу, а також – фрагментами рудних міжкамерних ціликів. У товщі залізистих кварцитів шостого залізного горизонту також зустрічаються прошки та гнізда багатих залізних руд, наявність яких підтверджено раніше проведеними експлуатаційними роботами в кар'єрі «Південний». Поширення багатих залізних руд повторної розробки в кар'єрі має дуже неоднорідний характер. Високий вміст глинистого матеріалу призводить до значного зниження показника заліза загального в багатих залізних рудах. Багаті залізні руди повторної розробки відрізняються більш інтенсивною тріщинуватістю. Бідні руди п'ятого залізного горизонту представлені в основному мартитовими, гематит-мартитовими кварцитами та джеспілітами з вмістом $Fe_{\text{заг.}}$ вище 36%. Вміщуючими породами для багатих залізних руд є некондиційні мартитові та гідрогематит-мартитові кварцити і сланці. Вміщуючими породами для бідних руд є гідрогематит-мартитові і безрудні кварцити.

З урахуванням гірничо-геологічних умов родовища і фізико-механічних властивостей корисної копалини, на підприємстві застосовується транспортна система розробки з використанням автомобільного транспорту та зовнішнього відвалоутворення. Річний обсяг підірваної гірничої маси у щільному тілі складає 600 тис. м³.

Відвантаження підірваної гірничої маси відбувається за допомогою екскаваторів ЕКГ-5, ЕКГ-8, ЕКГ-10, а її транспортування – автосамоскидами.

В 2022 році, згідно з планом гірничих робіт, ТОВ «РУДОМАЙН» передбачає розробку сьомого і восьмого горизонтів родовища.

Бурові роботи на кар'єрі проводяться з використанням бурових станків типу Atlas Copco, Titon, СБУ й ін.

Враховуючи геологічні характеристики порід та існуючі умови виробництва, на видобувних блоках використовуються вертикальні свердловини, які розташовуються за квадратною та шаховою мережею, діаметром 105,155,250 мм. Мережа буріння змінюється в залежності від гірничо-геологічних характеристик порід, але за умови, що питома витрата ВР не буде перевищувати розрахункові параметри.

Заряджання свердловин здійснюється змішувально-зарядними машинами на базі автомобіля КраЗ. Зарядка свердловин ВР Анемікс відбувається за допомогою шлангу. Для проведення масових вибухів використовуються вибухові речовини та засоби ініціювання, допущені до пос-

тійного застосування у виробництві службою Держпраці України згідно «Переліку вибухових матеріалів промислового призначення, допущених до постійного виробництва і застосування», а саме:

для свердловин - Анемікс;

для шпурів - Анемікс-П;

для виготовлення проміжних детонаторів - шашки тротиліві промислові типу Т-400Г, Анемікс-П і т.ін.

В якості засобів ініціювання використовуються:

електродетонатори: ЕД-8Ж;

детонуючий шнур: ДШЕ-9, ДШЕ-12;

неелектричні системи ініціювання (НСІ) типу «Імпульс», і т.ін.

Залежно від гірничо-геологічних, гідрогеологічних та технологічних умов при веденні вибухових робіт застосовуються наступні конструкції свердловинних зарядів ВР (рис. 1):

а - суцільна колонка заряду ВР;

б - заряд ВР розосереджений повітряними та інертними проміжками;

в - комбінований заряд з водостійкої та неводостійкої ВР;

г - заряд ВР, розміщений у поліетиленовому та поліпропіленовому рукаві.

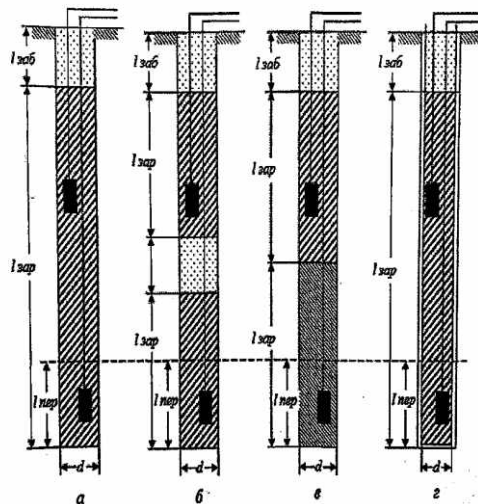


Рис. 1. Конструкції свердловинних зарядів ВР: *а* - суцільна колонка заряду ВР; *б* - заряд ВР, розосереджений повітряними та інертними проміжками; *в* - комбінований заряд з водостійкої та неводостійкої ВР; *г* - заряд ВР у поліетиленовому та поліпропіленовому рукаві

Проміжний детонатор (ПД) формується із шашок-детонаторів Т-400Г, капсуль-детонаторів, хвилеводу та детонуючого шнура (рис. 2).

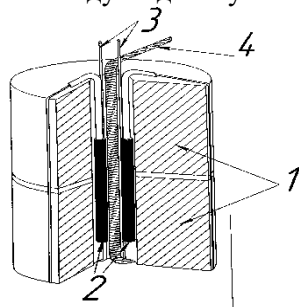


Рис. 2. Конструкція проміжного детонатору (ПД): 1 – шашки-детонатори; 2 – капсуль-детонатори (КД); 3 – хвилевід; 4 – детонуючий шнур (ДШ), що застосовується для ущільнення КД у каналі шашки

Ініціювання магістралі з хвилеводів неелектричної системи ініціювання «Імпульс» здійснюється двома електродетонаторами (ЕД) послідовно одного номіналу.

Для зарядів подрібнення застосовуються суцільні колонкові заряди, комбіновані водостійкі та неводостійкі ВР, заряди, розосереджені повітряними й інертними проміжками, а також заряди ВР, розміщені у поліетиленовому та поліпропіленовому рукавах.

Для кращого використання енергії вибуху з урахуванням тріщинуватості верхніх шарів масиву використовують розосереджені заряди у верхній частині свердловини. При формуванні розосереджених зарядів інертні проміжки формуються з забивного матеріалу (щебінь фракції 10-30 мм) або за допомогою спеціальних пристроїв (КЗП), що виключає можливість осідання верхньої частини заряду ВР. Висота інертного проміжку встановлюється в 0,1-0,2 висоти заряду. Маса верхньої частини заряду ВР складає 0,2-0,25 маси всього заряду. При застосуванні розосереджених зарядів проміжні детонатори встановлюються в кожній частині заряду.

За умови значної тріщинуватості масиву для запобігання розтікання емульсійної вибухової речовини (ЕВР) тріщинами порід при заряджанні в свердловинах використовуються поліетиленові або поліпропіленові рукави.

Для підривання масивів особливо складної структури та приконттактних зон доцільно формувати свердловинні заряди, пропоновані одним з авторів даної статті в роботі [12].

КП «НАУКА» Академії гірничих наук України разом з керівництвом ТОВ «РУДОМАЙН» провели дослідження в промислових умовах ефективності використання розчину реагенту ПАР «DUSTRON™ EX 17» при формуванні внутрішньої та зовнішньої гідрозабивки при вибухових роботах в кар'єрі «Південний».

Дослідження ефективності застосування розчину реагенту ПАР «DUSTRON™ EX 17» при формуванні зовнішньої гідро-забивки та внутрішньої забивки свердловини зі щєбню фракції 0-30 мм, змоченої розчином реагенту «DUSTRON™ EX 17», виконувалося під час проведення масового вибуху на кар'єрі «Південний» ТОВ «РУДОМАЙН» 26.11.21 р. у блоці №71 горизонту -46/-58 м.

Блок складався з гематит-мартизових кварцитів з коефіцієнтом міцності за шкалою проф. Протод'яконова $f=13-15$.

Фактичний об'єм гірських порід, що підривались, становив - 42470 м³. У якості ВР застосовували емульсійну ВР типу - Анемікс П70/900, загальна маса вибухової речовини складала – 28720 кг. Усього було підірвано 147 свердловин, $\varnothing = 250$ мм.

При формуванні внутрішньої гідро-забивки заливання розчину реагенту «DUSTRON™ EX17» виконувалося шляхом змочування твердої забивки фракції 0-30 мм свердловинного заряду за допомогою поливального автомобіля (рис. 3).



Рис. 3. Формування внутрішньої і зовнішньої гідро-забивки з розчину «DUSTRON™ EX 17» у блоці №71

Після масового вибуху представниками НДІБПГ здійснювалося вимірювання показників викиду пилу. Пило-відбірні прилади розміщувались на відстані 40-50 м від останнього ряду свердловин навпроти експериментальної ділянки, що підривалась. Пило-відбірні прилади були представлені автоматичними пило-відбірниками електричного типу АПО-Е (3 од.).

При проведенні масового вибуху блоку №71 проводилась відеофіксація на відеокамеру SONY-HD 1207749 з наглядного майданчика ТОВ «РУДОМАЙН». Результати відеофіксації розвитку експериментального вибуху наведені на рис. 4.



Рис. 4. Експериментальний вибух на блоці №71 гор. -46/-58 м

Висновки та напрямок подальших досліджень. Аналіз й узагальнення наведених вище експериментальних досліджень, виконаних авторами даної статті, дозволяє достатньо аргументовано констатувати наступне:

1. За результатами вимірювання концентрації пилу за допомогою приладу АПО-Е ефективність використання реагенту «DUSTRON™EX17» на експериментальних ділянках у порівнянні з вибухом на контрольній ділянці блоку №71 гор. -46/-58м, який був здійснений 26.11.2021 р. згідно діючої технології з використанням технічної води, склала +27%.

2. Результати відео-зйомки високошвидкісною відеокамерою SONY HD1207749 показали:

а - першими у блоці підривалися свердловинні заряди на контрольній ділянці. Висота утвореної пило-газової хмари склала 45-50 м;

б - в другу чергу підривалися експериментальні свердловинні заряди, виконані з внутрішньою гідро-забивкою розчином «DUSTRON™EX17». Висота утвореної пило-газової хмари - 15-20 м.

в - в третю чергу підривалися експериментальні свердловинні заряди із зовнішньою гідро-забивкою розчином «DUSTRON™EX17». Висота утвореної пило-газової хмари склала 30-40 м.

3. Використання розчину реагенту «DUSTRON™EX17» для формування зовнішньої та внутрішньої гідрозабивок довели свою технологічність та екологічну ефективність.

4. Економічні показники застосування методу формування внутрішньої і зовнішньої гідрозабивки свердловин з розчином «DUSTRON™EX17», показали наступне: загалом було використано 13 т розчину вказаного реагенту; на 1 свердловину витрачалося 400 л реагенту (250 л - у зовнішню гідро-забивку і 150 л - у внутрішню); питомі витрати розчину реагенту - 0,619 м³/м³; вартість витрат розчину на 1 м³ гірничої маси складає 0,619 грн.

5. За результатами виконаних досліджень рекомендовано наступні конструкції свердловинних зарядів з гідро-забивкою:

а - із внутрішньою, отриманою шляхом змочування твердої забивки фракції 0-30 мм 5%-м розчином реагенту «DUSTRON™EX17» в об'ємі V=90-120 л;

б - із зовнішньою - з розчином в об'ємі V=250-300 л реагенту «DUSTRON™EX17», залитого у ємності MiniSoftFlexitank (MSF), які розміщуються у гирлах свердловин;

в - з комбінованою (внутрішньою - твердою фракції 0-30 мм, змоченою 5%-м розчином «DUSTRON™EX17» в об'ємі V=90-120 л, та зовнішньою - з розчином V=250-300 л «DUSTRON™EX17» у MSF у гирлах свердловин).

Набутий у ході реалізації експерименту досвід переконливо свідчить про доцільність продовження відображених у статті досліджень в напрямку вдосконалення хімічного складу реагенту «DUSTRON™EX17», а також - з'ясування закономірностей перетворення та взаємодії активних і інертних компонентів свердловинних зарядів між собою та з руйнованим скельним середовищем.

Список літератури

1. Закон України «Про охорону праці».
2. Гірничий закон України.
3. НПАОП 0.00-1.67-13 технічні правила ведення вибухових робіт на денній поверхні.
4. НПАОП 0.00-5.40-14 «Інструкція з безпечної організації та проведення масових вибухів свердловинних зарядів на відкритих гірничих роботах».
5. НПАОП 0.00-6.17-14 «Порядок затвердження проектно-технічної документації на ведення підричних робіт».
6. ДСТУ 4704-2008 «Проведення промислових вибухів. Норми сейсмічної безпеки».
7. НПАОП 0.00-1.24-10 «Правила охорони праці під час розробки родовищ корисних копалин відкритим способом».
8. Друкований М.Ф. К вопросу о влиянии величины забойки на качество дробления горных пород взрывом в карьерах /М.Ф. Друкований, В.М. Комир, И.А. Семенюк / Взрывное дело. 1966. №59/16. С. 166-179.
9. Комир В.М. Экспериментальные исследования влияния укороченной забойки на результаты взрыва /В.М. Комир, И.А. Семенюк, И.Ф. Петряшин / Взрывное дело. 1971. №70/27. С. 279-285.
10. Шевкун Е.Б. Скважинные заряды с укороченной забойкой/ Е.Б. Шевкун, А.В. Лещинский/ Горный информационно-аналитический бюллетень. 2006. №4. С. 139-146.
11. Шевкун Е.Б. Рассредоточение скважинных зарядов пенополистеролом /Е.Б. Шевкун, А.В. Лещинский / Горный информационно-аналитический бюллетень. 2006. №5. С.116-123.
12. Azarian, V., Lutsenko, S., Zhukov, S., Skachkov, A., Zaiarskyi, R., & Titov, D. Applied scientific and systemic problems of the related ore-dressing plants interaction in the event of decommissioning the massif that separates their quarries. Mining of Mineral Deposits, 14(1), 1-10. <https://doi.org/10.33271/mining14.01.001> (SCOPUS).