УДК 622.235

В.М. Мандрикевич, ст. викл.
О.П. Рудоквас, інж.
І.І. Усик, к.т.н., доц.
Національний гірничий університет України

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ РОЗРОБКИ РОДОВИЩ ПРИРОДНОГО КАМЕНЮ

(Представлено д.т.н., проф. Бакка М.Т.)

Розглянуті питання відокремлення блоків природного каменю свердловинними зарядами димного пороху для обводнених і тріщинуватих порід.

Необхідність повного задоволення потреби народного господарства України та інших країн у облицювальних виробах із природного каменю визначає залучення в розробку родовищ тріщинуватих, обводнених скельних порід.

Установлено, що інтенсивність розробки на блоковий камінь обводнених, тріщинуватих порід неможливо збільшити без переходу на спосіб відділення монолітів від масиву свердловинними зарядами димного пороху і збільшення висоти видобувного уступу, як мінімум до 6,0 м.

Необхідно враховувати основну вимогу для кар'єрів блокового каменю до якості гірничих робіт, що полягає в зберіганні цілісності (монолітності) розроблювального масиву. В зв'язку з цим набувають великого інтересу дослідження, виконані провідним спеціалістом в галузі геології неметалевих корисних копалин проф. В.П. Петровим [1], який вважає, що невміння вести видобуток блокового каменю буровибуховим способом є однією з головних причин низького виходу блоків у кар'єрах.

Основне завдання гірничих робіт у кар'єрах блокового каменю повинне полягати, насамперед, у збереженні цілісності розроблювального масиву за умови забезпечення достатньої інтенсивності розробки родовищ.

В даний час вибухові роботи із зруйнування розкривних скельних порід в кар'єрах блокового каменю здійснюють, головним чином, шпуровим способом з використанням зарядів метальної вибухової речовини (ВР) (димний порох). Шпуровий спосіб не забезпечує високих темпів ведення розкривних робіт.

Для забезпечення високої інтенсивності видобування блоків природного каменю необхідно забезпечити достатні темпи посування фронту гірничих робіт на випереджальному розкривному горизонті. Тому відокремлення скельних розкривних порід на кар'єрах найбільш часто проводять за схемою з попереднім оконтурюванням. Сутність цієї схеми відокремлення полягає в тому, що частину масиву, що руйнується, оконтурюють вибухом вертикальних і горизонтальних розосереджених свердловинних зарядів, наприклад амоніту № 6ЖВ.

Цей "традиційний" спосіб відокремлення розкривних порід, за схемою з попереднім оконтурюванням, не забезпечує надійного збереження монолітності масиву, що розкривається, в якому під дією ударних хвиль з'являються радіальні тріщини, що неприпустимо при виробництві розкривних робіт на родовищі, що готується до розробки на блоковий камінь. Крім цього, необхідність буріння і заряджання як вертикальних, так і горизонтальних свердловин, обумовлює високу трудомісткість способу.

Тому для вирішення поставленого завдання збереження цілісності масиву, що розкривається, доцільно використовувати спосіб висадження, розроблений НГУ [2]. Сутність способу полягає у використанні локалізації енергії вибуху зарядів бризантних ВР за допомогою попереднього утворення горизонтальних (пологопадаючих) тріщин на рівні підошви уступу вибухом допоміжних свердловинних зарядів димного пороху. Це досягається бурінням вертикальних парнозближених основних і допоміжних свердловин по квадратній сітці. В допоміжних свердловинах (у донних частинах) розміщують заряди димного пороху, а в основних – бризантну ВР. Висадження основних свердловинних зарядів ВР роблять з уповільненням, достатнім для розкриття продуктами горіння допоміжних зарядів димного

пороху, горизонтальних (пологопадаючих) тріщин, розташованих між свердловинами на рівні підошви уступу.

Відстань між основними свердловинами в ряді і між рядами приймають однаковою і обчислюють за формулою:

$$a = \sqrt{\frac{Q_{скв}}{q_Б \cdot H_y}}, \text{ м}, \qquad (1)$$

де $Q_{скв}$ – вага заряду бризантної ВР в основній свердловині, кг;

$q_Б$ – питома витрата бризантної ВР, кг/м^3;

H_y – висота розкривного уступу, м.

Основні свердловини бурять з недобуром до підошви уступу, що дорівнює 5-ти діаметрам свердловини. Висота забійки в основному свердловинному заряді складає $0{,}25H_y$. Тому вага заряду бризантної ВР в основній свердловині визначається за формулою:

$$Q_{скв} = q^*_{скв} \cdot (0{,}75 \cdot H_y - 5 \cdot d_{скв}), \text{ кг}, \qquad (2)$$

де $q^*_{скв}$ – кількість бризантної ВР, у 1 м свердловини (місткість 1 м свердловини), кг/м;

$d_{скв}$ – діаметр свердловини, м.

Допоміжні свердловини бурять до підошви розкривного уступу. Розташовують їх на лінії ряду основних свердловин. Відстань між парнозближеними основною і допоміжною свердловинами приймають рівною 5 діаметрам свердловини.

Загальну вагу заряду димного пороху, а також вагу заряду в окремій свердловині розраховують, приймаючи його питому витрату, рівною 0,1–0,3 кг/м^3 при висоті уступу 3–10 м.

Величину уповільнення моменту вибуху основних зарядів стосовно вибуху допоміжних зарядів у ряді обчислюють за формулою:

$$\Delta t_д = \frac{a}{V_п}, \text{ с}, \qquad (3)$$

де a – відстань між основними свердловинами в ряді, м;

$V_П$ – середня швидкість руху продуктів горіння димного пороху по тріщинах у гранітах, що дорівнює 300 м/с.

Величину уповільнення між вибухом рядів основних свердловинних зарядів визначають за формулою Н.Г. Петрова:

$$\Delta t = \left(\frac{a}{V_п} + \frac{S}{V_т} \right) \cdot K_т, \text{ с}, \qquad (4)$$

де S – ширина розкриття тріщини вздовж ряду основних свердловинних зарядів, що дорівнює 0,1 м;

$V_т$ – середня швидкість розкриття щілини (тріщини) по лінії ряду підриву одночасно основних свердловинних зарядів, що дорівнює 25 м/с;

$K_Т$ – коефіцієнт тріщинуватості скельних порід (величина, зворотна середній довжині природного блока в масиві).

При обчисленні часу уповільнення у формулі (4) доцільно приймати величину коефіцієнта тріщинуватості для дрібноблочного масиву – 2,0; середньоблочного – 1,5; крупноблочного – 0,7.

У таблиці наведена класифікація тріщинуватого скельного масиву за ступенем блочності.

Таблиця

Ступінь блочності масиву	Відстань між тріщинами, м	Обсяг природних блоків породи, м^3	Коефіцієнт тріщинуватості
Дрібноблочний	До 0,5	До 0,125	2 і більше
Средньоблочний	0,5–1,0	0,125–1,0	1–2
Крупноблочний	1,0–2,5	1,0–16,0	1–0,4

Слід зазначити, що параметри буровибухових робіт, розраховані за формулами (1–4), необхідно уточнювати в ході здійснення експериментальних вибухів стосовно конкретних гірничо-геологічних умов.

В обводнених умовах при розробці родовищ необхідно виключити висадження розосереджених зарядів бризантних вибухових речовин у свердловинах з водою, тобто відкачати, наприклад, воду зі свердловини. Іншим можливим вирішенням даного завдання є виключення припливу води в свердловину за рахунок гідроізоляції її стінок. Технічно завдання гідроізоляції стінок свердловини може бути вирішена за допомогою розміщення в ній обсадної труби.

Тому у контурних свердловинах, пробурених на розкривному уступі, розміщують заряд, формуючи труби, наприклад з поліетилену. Всередині оконтуреного горизонтальними і вертикальними свердловинами об'єму породи при необхідності доцільно бурити додаткові вертикальні свердловини для розміщення в них зарядів подрібнення, ініційованих з уповільненням стосовно моменту вибуху зарядів, що оконтурюють.

Застосування бризантних вибухових речовин для видобування блоків природного каменю призводить до порушення структури розроблювального масиву (утворенню штучних тріщин), що призводить до низької якості і низького виходу блоків. Тому за вибухові матеріали на каменедобувних підприємствах, як правило, застосовують димний порох, що детонує шнур, піротехнічне реле, сповільнювачі (КЗДШ) і електродетонатори. Димний порох є дуже гігроскопічною ВР. Вологість пороху, використовуваного для виробництва підривних робіт, не повинна перевищувати 1 % за вагою. Безпечна, технологічна і надійна гідроізоляція свердловинного порохового заряду в обводненому масиві досягається у випадку розміщення пороху всередині поліетиленових формуючих труб (рис. 1).

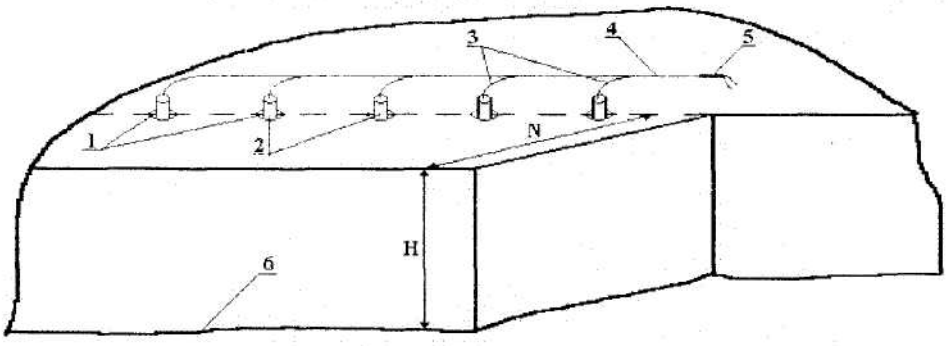

Рис. 1. Схема висадження свердловинних зарядів димного пороху в поліетиленових трубах:
1 – вертикальні свердловини; 2 – поліетиленові труби; 3 – кінцеві відрізки ДШ; 4 – магістральний ДШ; 5 – ЭД; 6 – горизонтальна (пологопадаюча) тріщина по підошві уступу; N – ширина моноліту на рівні його покрівлі; H – висота уступу

Для формування заряду пороху в обводненій свердловині один з кінців поліетиленової труби необхідно ретельно герметизувати, при цьому довжина її повинна перевищувати глибину свердловини на 0,5 м. Наприклад, герметизацію можна робити за межами зони робіт за допомогою нагрівання торця труби і наступного його обтиску руками в мокрих брезентових рукавицях. Перевірка надійності герметизації поліетиленових труб здійснюється при тиску стиснутого повітря 0,2 МПа.

Відразу після закінчення буріння свердловини, тобто безпосередньо після підйому бурового інструмента, в неї опускають поліетиленову трубу. Вільний простір між трубою і стінками свердловини заповнюють забійкою (наприклад, буровим шламом). До закінчення процесу обурювання блока на видобувному уступі у всіх свердловинах повинні бути розміщені поліетиленові труби, закриті дерев'яними пробками й обв'язані поліетиленовою плівкою. Виконання зазначених вище операцій є необхідною умовою для формування зарядів димного пороху в свердловинах, пробурених в обводненому, тріщинуватому масиві.

У процесі зарядження в кожну поліетиленову трубу на всю її глибину опускають дві нитки ДШ, а вільний обсяг труби, що залишився, заповнюють забійкою.

Враховуючи фугасну дію заряду пороху, особливу увагу необхідно звертати на старанність забійки, висота якої повинна бути не менше 0,5 глибини свердловини.

Кінцеві відрізки ДШ, що виходять з поліетиленових труб, приєднують до магістрального ДШ викладку і фіксують ізоляційною стрічкою. Магістральний ДШ ініціюють електродетонатором. Схема монтажу вибухової мережі та ініціювання зарядів показані на рис. 1.

Розроблена технологія видобування гірських порід при веденні підривних робіт зарядами димного пороху в поліетиленових трубах призначена для підприємств, що роблять розробку тріщинуватих, обводнених порід на блоковий камінь буровибуховим способом.

На блоковий камінь прийнято розробляти монолітні ділянки родовищ з використанням шпурового чи свердловинного способів висадження зарядів димного пороху. Вибухове відділення монолітів від масиву – самий складний вид підривних робіт на каменедобувних кар'єрах, враховуючи вимоги до результату, що має бути досягнений. У зв'язку з цим НГУ були розроблені: шпуровий і свердловинний заряди, що розколюють камінь, і які забезпечують цілісність відокремлюваної і позаконтурної частин масиву.

Шпуровий заряд, що розколює камінь, (рис. 2) являє собою спеціальну желобоподібну оболонку, на протилежних пазах якої розташовані по дві нитки ДШ, а всередині оболонки – заряд димного пороху і забійка. Довжина желобоподібної оболонки дорівнює глибині шпура. Обидві пари ниток ДШ і заряд димного пороху в оболонці ініціюють за допомогою магістрального ДШ.

Вибух ниток ДШ, розташованих поблизу стінок шпура, створює в діаметрально протилежних осередках, що лежать у площині розколу, локальні порушення суцільності середовища, тобто надкол. Потім в результаті впливу прокладки, що демпфірує, різко зменшується тиск продуктів детонації до значень, що виключають появу порушень суцільності середовища в інших напрямках. На квазистатичній фазі дії вибуху заряду димного пороху підтримується розвиток радіальних тріщин із зон надколу. Внаслідок цього заряд має різко виражену спрямованість дії.

Свердловинний заряд, що розколює камінь (рис. 3), працює аналогічним чином і призначений для розміщення в свердловинах 105–110 мм.

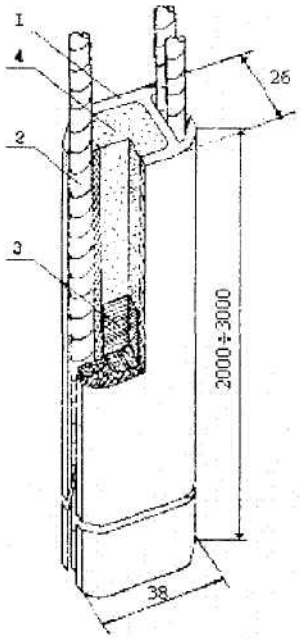

Рис. 2. Шпуровий заряд, що розколює камінь:
1 – шпурова желобоподібна оболонка;
2 – ДШ у жолобах оболонки;
3 – димний порох усередині порожнини оболонки;
4 – забійка

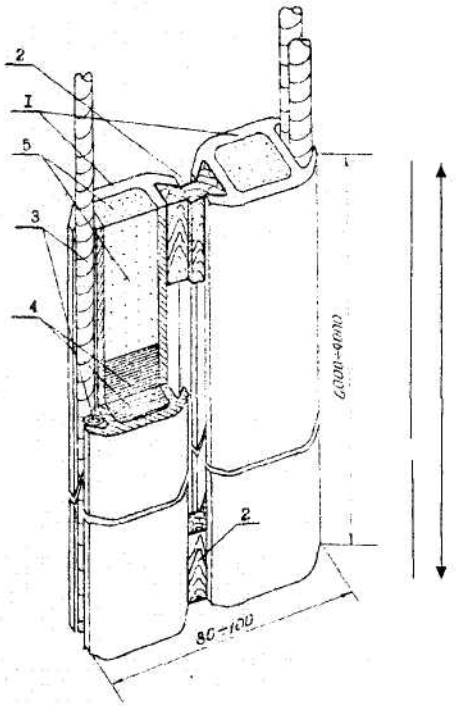

Рис.3. Свердловинний заряд, що розколює камінь:
1 – свердловинні желобоподібні оболонки;
2 – сполучний вкладиш (із деревини) у суміжних жолобах оболонок;
3 – нитки ДШ у зовнішніх жолобах, скріплених оболонок; 4 – димний порох;
5 – забійка

Незважаючи на складність конструкцій шпурового і свердловинного зарядів, що розколюють камінь, досить легко їх формувати при наявності на складі вибухових матеріалів (ВМ) желобоподібних оболонок і сполучних до них елементів.

Обраний напрям досліджень – підвищення інтенсивності розробки родовищ природного каменю в складних гірничо-геологічних умовах методом буровибухових робіт, при строгому забезпеченні збережності (цілісності) масивів, що відпрацьовуються, від шкідливого впливу хвиль напруг (вибухових хвиль) є актуальним, тому що потреба народного господарства країни у виробах із природного каменю задовольняється всього на 40–50 %. Крім того, вироби з природного каменю України користуються значним попитом за кордоном, що є додатковим джерелом надходження валюти для молодої держави, що розвивається.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Петров В.Н.* Перспективи вивчення неметалічних корисних копалин // Изв. Вузов. / Геологія і розвідка. – 1983. – № 1. – С. 63–67.
2. А.с. № 751195 "Спосіб вибухового дроблення розкривних скельних порід": Пріоритет від 28.12.76р.

МАНДРИКЕВИЧ Василь Миколайович – старший викладач кафедри фізики Національного гірничого університету України.

Наукові інтереси:
– фізика вибуху;
– вибух на викид;
– вибух при добуванні природного каменю.

РУДОКВАС Олександр Петрович – інженер Національного гірничого університету України.

Наукові інтереси:
– фізичні процеси гірничого виробництва;
– фізика вибуху.

УСИК Ігор Іванович – кандидат технічних наук, декан факультету будівельних технологій Національного гірничого університету України.

Наукові інтереси:
– фізичні процеси гірничого виробництва;
– фізика вибуху.

Подано 30.12.02