

РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 622.035

М.Т. Бакка, д.т.н., проф.*Житомирський державний технологічний університет***С.В. Яворська, інж.***Національний технічний університет України "КПІ"***СТРУКТУРИ ТЕХНОЛОГІЙ ВІДОКРЕМЛЕННЯ МОНОЛІТІВ
ДЕКОРАТИВНОГО КАМЕНЮ ВІД МАСИВУ З ВИКОРИСТАННЯМ
НЕВИБУХОВИХ РУЙНУЮЧИХ ЗАСОБІВ (НРЗ)**

Узагальнено досвід використання невибухових руйнуючих засобів (НРЗ) для видобування блоків декоративно-облицювального каменю та запропонована структура технологій відокремлення від масиву монолітів в'язких міцних порід з використанням НРЗ.

Видобування блоків природного декоративного каменю характеризується складністю технологій, великою трудомісткістю і високими економічними витратами.

В даний час практикуються механічні фізико-технічні та вибухові способи підготовки блоків до виймання. Вибухові способи найбільшою мірою порушують монолітність каменю, знижують якісні характеристики сировини та вихід блоків з масиву. Механічні способи характеризуються досить високими енерговитратами, малою продуктивністю та великою трудомісткістю. В зв'язку з цим останнім часом все більшого застосування набувають фізико-технічні способи, найперспективнішим з яких є використання невибухових руйнуючих засобів (НРЗ). Але застосування цієї технології залежить від фізико-механічних властивостей порід, геологічних, гідрогеологічних та технологічних умов масиву, вимог до сировини тощо. В зв'язку з цим розробка структури технологій відокремлення монолітів декоративного каменю від масиву покладу з використанням НРЗ являє собою актуальне наукове і практичне завдання для камнедобувної підгалузі промисловості.

Вченими приділяється велика увага розробці, застосуванню, поліпшенню якості і удосконаленню технологічних властивостей НРЗ. Початок вирішення даної проблеми поклали Шереметьєв Ю.Г., Лугініна І.Г., Удалов В.В. [4]; Агеев М.М., Корнеев А.А. [9]; Ровенський В.Г., Амбалов В.Б. [10]; Азарович А.Є., Еткін М.Б. [14]; Банно Р. [8]; Христюбов В.Д. [12]; Косолапов А.І. [13]; Якимченко Я.Б., Новосад П.В. [5] та ін. Разом з тим, як свідчить аналіз, недостатньо розроблялись технології відокремлення від масиву з використанням НРЗ монолітів в'язких кристалічних порід і особливо основних порід типу лабрадоритів та апортозитів. Саме цій проблемі присвячена дана стаття.

Метою даних досліджень слугує розробка структури технологій відокремлення монолітів високоміцного в'язкого декоративного каменю від масиву на основі застосування в технології невибухових руйнуючих засобів.

Серед найбільш ефективних невибухових руйнуючих сумішей слід відмітити розробку Белгородського технологічного інституту будівельних матеріалів НРВ-7Б, яку отримують низькотемпературним випалюванням вапняку з використанням домішок – відходів виробництва, у зв'язку з чим продукт суттєво дешевшає. Цей матеріал здатний розвивати тиск розширення до 90 МПа. Результати вивчення кінетики збільшення роботи розширення НРВ-7Б, що були отримані на дослідному цементному заводі ПівденДЦЦементу та речовини НРЗ-1, яка випускається в смт Красково Московської обл., свідчать про те, що протягом 24 годин НРВ-7Б виконало роботу розширення в перерахунку на 1 л робочої суміші, величина якої склала 52 Дж, а НРЗ-1 – лише 26 Дж [4]. Ці характеристики ґрунтовно підтверджують високу ефективність НРВ-7Б. Даний матеріал пройшов різні практичні перевірки, зокрема при виконанні промислових випробувань на Клесовському каменщебеневому заводі та промислових робіт з видобування гранітних блоків.

Технологія використання невибухових руйнуючих засобів має ряд технічних переваг. Вона не потребує високої кваліфікації персоналу, забезпечує високий ступінь безпечності порівняно з іншими засобами руйнування, не супроводжується шумом та вібраціями, не забруднює

навоколишнє середовище, квазістатичний процес руйнування гірських порід не порушує цілісності мінералів та їх сполук, які складають породу, тому що навантаження самонапруженого НРЗ зростає постійно протягом всього терміну до періоду розколення породи, – це дозволяє знизити порушення масиву та відокремлювального моноліту тріщинами, а отже, підвищити вихід кондиційних блоків. Низькі ціни на НРЗ (5 у.о./кг), можливе зменшення бурових робіт, об'ємів важкої ручної праці та трудовитрат порівняно з клиновим та буроклиновим способом, уникнення використання складного та дорогого обладнання дає змогу підвищити економічні показники. Окрім цього слід зазначити безпечність зберігання та транспортування НРЗ, відсутність шкідливого психологічного фактору порівняно з вибуховими речовинами (ВР), мобільність технології, тобто можливість виконання інших операцій одночасно. Незамінний цей спосіб в умовах виконання робіт на ділянках, через які проходять лінії електропередач.

Поряд з перевагами існують і недоліки зазначеної технології, а саме: старіння суміші у часі в результаті реакції з повітрям чи водою, необхідність зберігання в сухій герметичній тарі, порівняно тривалий термін спрацювання 8–34 години, труднощі використання при низьких температурах (нижче -5°C), можливість викиду суміші зі шпура.

Проблему інтенсифікації твердіння СаО при низьких температурах вирішувалась шляхом введення у склад матеріалу протиморозної домішки хлористого кальцію, яка скорочувала час початку твердіння [1, 5]. При цьому, однак, відбувається значний розігрів маси в процесі гасіння, який супроводжується викидом вапна зі шпура. Для запобігання цього явища використовують герметичні пробки у вигляді складових клинів [1, 5], спеціальний пристрій для запобігання викидів суміші зі шпура чи замикаючий пристрій [7], виконаний у вигляді двох тіл – частин круглого циліндра, одне з основ якого утворено площиною, розташованою під кутом $7-9^{\circ}$ до поздовжньої осі та ін. Запропонований спосіб хоч і збільшує трудомісткість робіт, однак, безсумнівна його перевага – висока ефективність як при високих, так і при низьких температурах, при цьому час досягнення максимальної самонапруги скорочується від 24 до 6 годин [5].

Інший спосіб забезпечення ефективної роботи при низьких температурах використання, розробленої в інституті ВВПСтром ім. П.П. Будникова технології, яка дозволяє підтримувати оптимальну температуру робочої суміші в шпурах шляхом нагрівання її електронагрівачами, які виконуються з ніхромового дроту діаметром 1,2–2,0 мм та розміщуються в порожніх шпурах перед заливкою. Дріт протягують послідовно від шпура до шпура та замикають на вході та виході знижувального трансформатора, який розташовують на покрівлі уступу. Потужність електричного струму, що подається на нагрівачі, в перерахунку на 1 м шпура складає 210–230 Вт. Після підключення трансформатора з вихідною напругою 36 В, що задовольняє вимоги техніки безпеки, розпочинається процес виділення теплоти, який прискорює твердіння суміші. При підігріванні НРЗ електронагрівачами спрацювання суміші відбувається за 5–6 годин в породному масиві, температура якого досягає -20°C [25]. Зазначений метод був успішно випробуваний в умовах Чустського травертинового кар'єру, який дозволив зменшити втрати сировини та підвищити вихід блоків на 6–12 % [6].

Підігрівання робочої суміші в шпурах можна здійснювати електролітичним способом. В цьому випадку в шпурах встановлюють по два електроди з нержавіючої сталі, що проводять струм, та з'єднаних між собою ізоляційними перемичками. Після заповнення шпурів на електроди подається напруга. В зв'язку з тим, що суміш має електролітичні властивості, в ній між електродами виникає електричний струм, достатній для виділення необхідної теплової потужності при напрузі на електродах не більше 36 В. На момент закінчення гідратації в робочій суміші води не лишається, і електропровідність твердого НРЗ стає такою, що дорівнює нулю – відбувається "самовимкнення" підігріву. Подібні електроди можна виготовити в умовах будь-якого кар'єру та повторно використовувати.

Розігрів руйнуючої речовини може здійснюватися також за допомогою винаходу [8], суть якого полягає в розміщенні на дні пробуреного шпура з невибуховою руйнуючою речовиною шару термітного складу, що підпалюють через 2–4 години після початку гідратації руйнуючого засобу. Цей спосіб керування заснований на тому, що тепла енергія, що виділяється при горінні термітного складу, обумовлює розігрів руйнуючої суміші та прискорює процес її гідратації. Основний недолік даного способу – значний проміжок часу між розміщенням руйнуючої речовини в шпурі та початком керування реакцією його гідратації шляхом підпалювання. При горінні термітної речовини виділяється великий об'єм газів, тиск яких може

привести до потужного викиду речовини зі шпурів; сила адгезії, яка перешкоджає цьому досягається лише через 2–4 години після розміщення руйнуючої речовини в шпурі. Також до недоліків слід віднести досить високу вартість термітної речовини та необхідність складної системи його розміщення та ініціювання в кожному шпурі. Тому ряд авторів в роботі [9] для прискорення процесу руйнування твердих об'єктів пропонують ведення додаткової теплової енергії, що прискорює процес гідратації робочої суміші за рахунок розміщення в гирлі шпура екзотермічної речовини, яку заливають водою. Таким чином, невибухову руйнуючу суміш розігрівають, починаючи з шару, що знаходиться біля гирла шпура, за допомогою теплоти, що виділяється додатково введеним шаром екзотермічної речовини, яка має такий склад: м'яковипалене вапно (швидко гаситься) – 90–99 % за масою, регулюючі домішки – сульфатно-спиртова барда 1–2 %, кварцовий пісок 5–10 %.

Домішка сульфатно-спиртової барди дозволяє розтягнути процес виділення тепла та збільшити час передачі теплової енергії суміші НРЗ до раціонального значення. Кварцовий пісок у початковий період акумулює теплову енергію, яка бурно виділяється. Коли виділення тепла від реакції поступово зменшується та зовсім припиняється, пісок віддає накопичене тепло та цим розтягує у часі процес руйнування твердого тіла.

В.Г. Ровенський та В.Б. Амбалов в роботі [10] пропонують використовувати суміш порошку НРЗ, води та хлористого кальцію. Причому співвідношення цих компонентів визначається перед приготуванням суміші порошку НРЗ, води та хлористого кальцію після визначення температури об'єкту руйнування за допомогою таких формул:

$$XK = П (0,025 - A \cdot T), \text{ кг}; \quad (1)$$

$$B = П (0,37 - B \cdot T), \text{ кг}; \quad (2)$$

де $П, B, XK$ – маса порошку невибухової руйнуючої суміші, води, хлористого кальцію, кг;

$$A = 0,0022 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}, \text{ кг}; \quad (3)$$

$$B = 0,006 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}, \text{ кг}; \quad (4)$$

Винахід цінний тим, що регулює співвідношення складових суміші, враховуючи діючу температуру об'єкта, визначаючи раціональний процент хлористого кальцію, який є прискорювачем гідратації оксиду кальцію – основи НРЗ. Діапазон температур, при якому є ефективним застосування даного способу для покращення технологічних характеристик суміші, знаходиться в інтервалі температур від $-10 \text{ } ^\circ\text{C}$ до $+11,4 \text{ } ^\circ\text{C}$, що теж встановлює певні рамки його застосування.

Ефективність застосування розширюючих сумішей у технологічних процесах гірничого виробництва поряд з їх експлуатаційними властивостями та фізико-механічними характеристиками об'єктів руйнування залежить від схеми розташування та відстані між зарядними порожнинами, яка визначається радіусом зони руйнування породи під дією НРЗ. При завищенні міжшпурових відстаней не відбудеться руйнування, а при їх зменшенні – збільшаться витрати на буріння та НРЗ. Тому вибір оптимальних параметрів бурових робіт – одне з першочергових завдань технології видобутку блоків природного каменю із застосуванням невибухових руйнуючих засобів. Цій проблемі присвячені роботи як вітчизняних, так і зарубіжних дослідників.

Так, у Московському ВНПСтромі ім. П.П. Будинкова отримана формула для орієнтувального визначення відстані між зарядними порожнинами [2]:

$$L = \frac{1000d}{\sigma_p}, \text{ см}, \quad (5)$$

де d – діаметр шпура, см;

σ_p – межа міцності породи на розрив, МПа.

Наведена формула передбачає, що тиск, який розвиває руйнуюча суміш, складає 30 МПа для будь-яких умов. При зміні тиску НРЗ, що є реально можливим, формула не працює, тому відстань між шпурами уточнюється в процесі проведення попередніх випробувань НРЗ на конкретному об'єкті. Це заздалегідь обмежує область її використання.

Пропонується також формула для визначення міжшпурових відстаней:

$$L = \frac{0,63Pd(t_w 3d)}{\sigma_p h_\phi}, \quad (6)$$

де P – тиск, що розвиває НРЗ, МПа;

d – діаметр шпура, см;

σ_p – межа міцності та розтягу матеріалу, що руйнується, МПа;

l_m – довжина шпура, см;

h_{ϕ} – висота блока.

Вона теж не дозволяє точно визначити оптимальну відстань між шпурами при змінних умовах ведення робіт.

У праці [11] визначення зазначеного вище параметра здійснюється за формулою, яка вилучає недолік попередньої, тому що не прив'язана до конкретного значення тиску, значення якого враховує введений коефіцієнт K :

$$L = Kd, \quad (7)$$

де d – діаметр шпура, см;

K – коефіцієнт, що залежить від фізико-механічних та геометричних параметрів породи

$$K = P \sqrt{\frac{1}{\sigma_p}}, \quad (8)$$

де P – тиск, що розвиває НРЗ, МПа;

σ_p – межа міцності на розтяг матеріалу, що руйнується, МПа.

Максимальна відповідність розрахункових значень наведеної емпіричної залежності реальним досягається за таких умов: діаметр шпура 3,8–4,5 см, межа міцності на розтяг 2 МПа та тиск НРЗ – 30 МПа.

Використовуючи енергетичний критерій Гриффітса, Христюбов В.Д. в [12] отримав вираз для визначення довжини магістральної тріщини (відстані між шпурами), яка утворюється в результаті повільно зростаючого навантаження розтягуючих напружень в середині шпура під дією НРЗ:

$$L = \frac{P(t)r^2 E_m}{2K_i^2 E_{НРЗ}}, \quad (9)$$

де $P(t)$ – напруження стійкого розвитку тріщини, що розвиває НРЗ в середині шпура, який приймається рівним σ_p – межа міцності на розтяг матеріалу, що руйнується, МПа;

r – радіус шпура, м;

E_m – модуль пружності матеріалу, що руйнується, МПа;

$E_{НРЗ}$ – модуль пружності НРЗ, МПа;

2 – чисельний коефіцієнт перетворення енергетичного критерію Гриффітса;

K_i – коефіцієнт інтенсивності напружень матеріалу, що руйнується.

Косолапов А.І., використовуючи формулу Ляме, в роботі [13] пропонує такий вираз для визначення відстані між шпурами при відділенні мармурових блоків від масиву:

$$L = 2r \sqrt{\frac{2P(1-\mu)}{\sigma_p}}, \quad (10)$$

де r – радіус шпура, м;

P – тиск, що розвиває НРЗ на стінки шпура, МПа;

μ – коефіцієнт Пуассона;

σ_p – межа міцності на розтяг матеріалу, що руйнується, МПа.

Розглядаючи проблему підвищення ефективності видобутку гранітних блоків, Ткачук К.К. вивів формулу, яку рекомендує використовувати для визначення міжшпурових відстаней у високоміцних породах, наприклад гранітах:

$$L = 2r \sqrt{\frac{2P}{\sigma_p}}, \quad (11)$$

де r – радіус шпура, м;

P – тиск, що розвиває НРЗ на стінки шпура, МПа;

σ_p – межа міцності на розтяг матеріалу, що руйнується, МПа.

Причому в результаті досліджень виявлено, що при взаємодії двох поряд розташованих порожнин довжина зони руйнування збільшується в 2,8 рази порівняно з радіусом дії

одинарного шпура, заповненого НРЗ. Також встановлено, що основне зростання напруг руйнування відбувається при збільшенні глибини концентратора до 1/10 діаметра отвору. Подальше збільшення глибини концентратора супроводжується незначним зростанням розтягувальних напруг. А оптимальна довжина концентратора складає 1/3 глибини шпура, подальше її збільшення незначно впливає на зміну тиску руйнування.

Формула враховує зміни міцності породи в часі. Згідно з нею зазначений вище параметр розраховують таким чином:

$$L = \frac{0,5\pi d_m l_m P(t)}{H \sigma_r K(t)}, \quad (12)$$

де d_m – діаметр шпура, м;

l_m – довжина шпура, см;

$P(t)$ – тиск речовини на стінки шпурів, МПа;

H – висота моноліту, м;

σ_r – межа міцності на розтяг матеріалу, що руйнується, МПа;

$K(t)$ – коефіцієнт, що враховує зниження міцності в часі, який змінюється від 0,1 до 0,7 залежно від орієнтування площини відколу вздовж шару або під кутом до нього.

Для умов, коли використовують розглянутий спосіб руйнування з використанням НРЗ без необхідності направленої розколу у взаємоперпендикулярних напрямках, автори [3] зауважують, що можна з достатнім ступенем надійності користуватися такими виразами для розрахунку відстаней між зарядними порожнинами:

$$L = 2d \sqrt{\frac{1,78P}{\sigma_r}}, \quad (13)$$

або

$$L = \frac{10^2 d}{\sigma_r}, \quad (14)$$

де d – діаметр робочої порожнини, см;

P – тиск речовини на стінки шпура, МПа;

σ_r – межа міцності на розтяг матеріалу, що руйнується, МПа.

Проведений аналіз формул для визначення відстаней між шпурами показує, що вони отримані в основному емпіричним шляхом для певних умов. До того ж є суттєва розбіжність в отриманих значеннях при розрахунках, яка доходить до 30 %.

На думку автора, доцільно проводити розрахунки за формулою, яку пропонує Азаров А.Е. та Еткін М.Б. в роботі [14]. Вона враховує, окрім тиску, що виникає в шпурі діаметром d та межі міцності матеріалу, що руйнується на розтяг, параметри які фігурують майже в усіх формулах, наведених вище, таких як параметри зарядної порожнини, кут її нахилу, потужність розколювального матеріалу і, найголовніше, – його температуру:

$$L = CK_l d \frac{PK_l K_d}{\sigma_r}, \quad (15)$$

де C – коефіцієнт, що враховує тип розколювального матеріалу – бетон чи скельна порода;

K_l – коефіцієнт, що враховує відносну (у діаметрах) довжину порожнин;

d – діаметр порожнини, м;

P – напруга, що розвиває невибуховий руйнуючий засіб у стінках порожнини при стандартних умовах, МПа;

K_l – коефіцієнт, що враховує температуру розколювального матеріалу;

K_d – коефіцієнт, що враховує діаметр порожнини;

σ_r – міцність матеріалу на розтяг, МПа.

Причому кут нахилу порожнин до поверхні, з якої виконують буріння, приймають з умови

$$\sin \alpha = 0,1 \frac{m}{d} \leq 1, \quad (16)$$

де α – кут нахилу порожнин до поверхні, з якої виконують буріння;

m – потужність розколювального матеріалу.

Однак коефіцієнт K_f авторами точно розрахований в діапазоні температур від 25 °С до 5 °С. Нижче цієї межі, незалежно від значення температури, він має однакову величину, що обмежує точність розрахунків при низьких температурах.

У зв'язку з низькою енергією НРЗ необхідно розробляти способи, що підвищують ефективність дії сумішей. Руйнування порід обумовлено величиною виникаючих в них напруг, які можна зосереджувати в певному напрямку за допомогою штучних концентраторів. З цією метою можливо використовувати тонкостінний циліндр, що складається з двох половинок з повздовжньою щільною шпирною 6 мм, вставлений у шпур та заповнений НРЗ. Другим способом створення концентрації напруг є товста сталеві пластина з модулем пружності $6,4 \cdot 10^4$ МПа та коефіцієнтом Пуассона 0,2, якою перегороджують шпур повздовж з подальшим заповненням руйнуючою сумішшю однієї з утворених порожнин [15].

Експерименти проводились на зразках граніту розмірами $0,3 \times 0,3 \times 0,3$ м. Діаметр отвору складає 38 мм з недобором 15 мм від дна зразка. Модуль пружності граніту $6,4 \cdot 10^4$ МПа, коефіцієнт Пуассона 0,2. З отриманих діаграм розтягуючих напруг випливає, що в першому випадку максимально розтягуючі напруги концентруються поблизу стінок отвору та приблизно в два рази вище тиску розширення реагенту. В другому досліді максимальна концентрація розтягуючих напруг на 30 % вище мінімальної напруги навколо отвору.

Сутність винаходу [16] полягає в можливості прискореного відокремлення блоків від масиву за рахунок створення зон концентрацій зусиль шляхом більш частого розміщення шпурів по лініям наміченого розколу. При цьому шпури бурять у блоці по двом пересічним лініям відколу та в кутовому шпурі, що розташований на перетині ліній відколу встановлюють перпендикулярно діагональній площині відколювального блоку закладну пластину. Крім цього по одній з ліній відколу щонайменше два перших шпура, починаючи від вільної площини масиву, а по другій лінії відколу два останніх шпура, починаючи також із вільної площини бурять на відстані:

$$l = (0, 2 \dots 0, 5) L, \quad (17)$$

де L – відстань між іншими шпурами, м.

Крок між іншими шпурами пропонують розраховувати за формулою:

$$l = 2r \sqrt{\frac{2P}{\sigma_p} K}, \quad (18)$$

де K – імперичний коефіцієнт, рівний 1,5–2,5;

r – радіус шпура, м;

P – тиск речовини на стінки шпурів, МПа;

σ_p – межа міцності на розтяг матеріалу, що руйнується, МПа.

При використанні даного способу відокремлення блоків прискорюється та збільшується розмір розкриття тріщини. Це відбувається за рахунок того, що на ділянках частого розміщення шпурів питомі навантаження на лінію відколу перевищують середню величину. Тому саме тут відбувається прискорене тріщиноутворення. Хід розколу по розміченим лініям відбувається під дією двох сил: тиску, що розвиває суміш у шпурі, де тріщина ще не утворилась, та моменту сил на ділянці блока, де тріщина вже є за рахунок триваючого розширення НРЗ. В кутовому шпурі, де розміщена закладна пластинка перпендикулярно до відколювального блока, концентруються стискаючі зусилля, які направлені за діагоналлю відколювального блока, що допомагає відторгненню його від масиву. Крім того в цій зоні часто зосереджені шпури та сходяться тріщини обох ліній відколу, тому відколювання блока відбувається чітко по лініям розмітки з якісною поверхнею відколу.

Автори [17] для створення напруг на стінки пробурених шпурів рекомендують використовувати соляні розчини, якими заповнюють підготовлені порожнини з подальшим заморожуванням розчину. Шпури бурять по лінії майбутнього розколу, наприклад з такими параметрами: діаметр 40 мм, глибина 2 м, відстань між шпурами $0,3 \dots 0,5$ м.

Застосування НРЗ для відокремлення блоків від масивів високов'язких порід типу лабрадоритів та анатозитів пропонується здійснювати відповідно до структури технології відокремлення монолітів, наведеної на рис. 1 з урахуванням властивостей порід і покладів.

Вона передбачає можливі її варіанти в залежності від розширюючих речовин та зарядних порожнин, що використовуються, а також передбачає першочергові напрямки вдосконалення відповідних комбінацій.

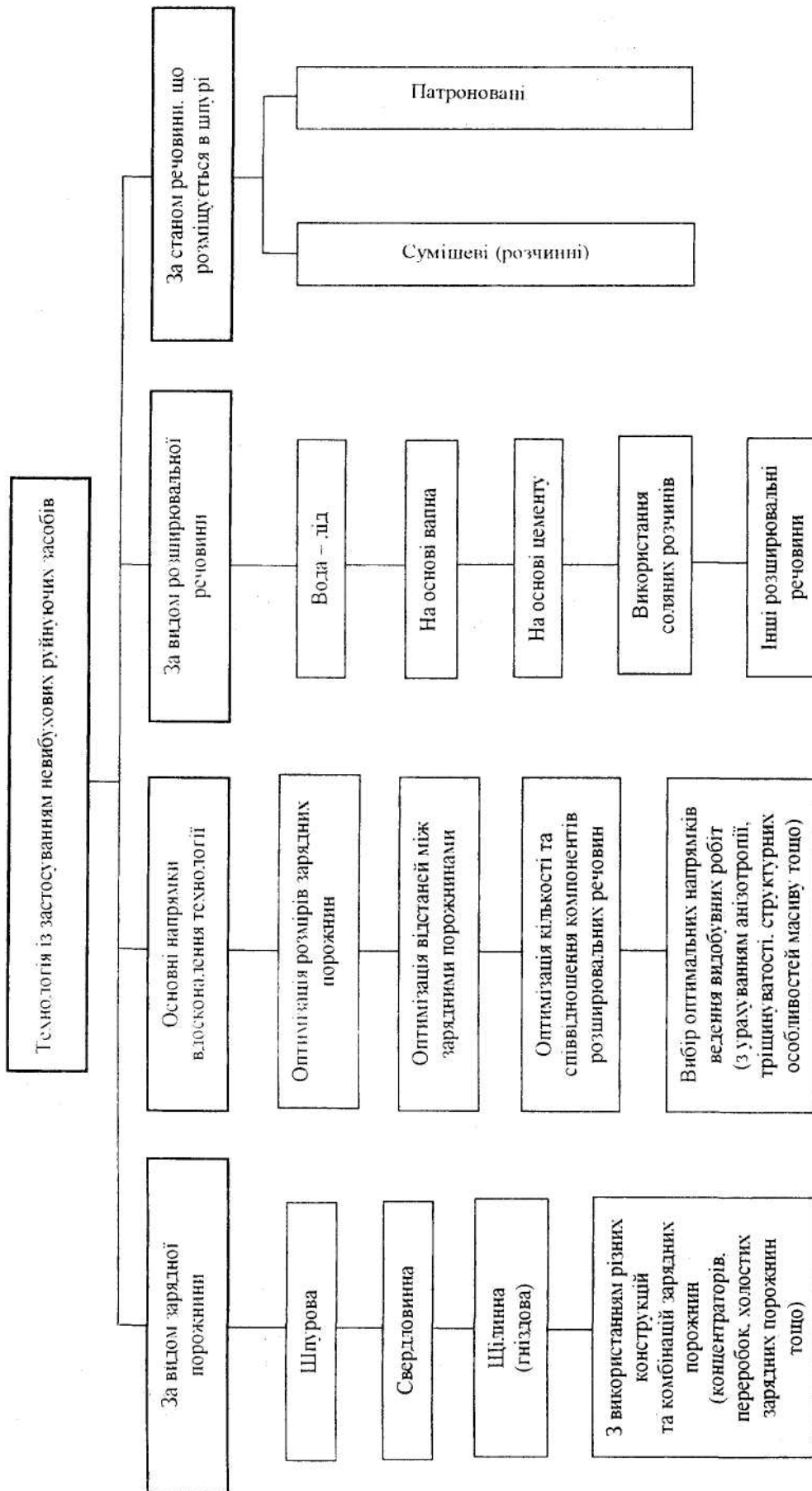


Рис. 1. Структура технології відокремлення моноліту від масиву з використанням НРЗ

Висновки

1. Для підвищення ефективності відокремлення від масивів монолітів лабрадоритів, анартозитів та інших в'язких декоративно-облицювальних порід необхідно з урахуванням структури покладів обґрунтовувати вид зарядної порожнини, на основі оптимізації розмірів зарядних порожнин, відстані між ними, технологічних параметрів, вдосконалювати технології стосовно кожного покладу окремо.

2. З урахуванням геологічних, технологічних, гідрогеологічних умов покладу забезпечувати підбір і застосування видів розширюючої суміші та їх конструкції в зарядних порожнинах.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Сычев Ю.И. Техника и технология производства тесаного камня. – ВНИИЭСМ / Промышленность нерудных и неметаллорудных материалов. – М. – 1986. – Вып. 3. – 77 с.
2. Невзрывчатое разрушающее средство НРС – 1. ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова. – М.: ПИК ВИНТИ, 1983. – 4 с.
3. Ресурсосбережение в технологических процессах открытой разработки полезных ископаемых / А.Г. Шапарь, И.А. Краснопольский, П.И. Конач. – К.: Наукова думка, 1992. – 151 с.
4. Шереметьев Ю.Г., Лугишина П.Г., Удалов В.В. Эффективное невзрывчатое разрушающее вещество. – Строительные материалы. – 1994. – №4. – С. 11.
5. Якимченко Я.Б., Новосад П.В. Пути улучшения технологических свойств невзрывчатого разрушающего материала // Экспресс-информация – ВНИИЭСМ / Промышленность нерудных и неметаллорудных материалов. – М. – 1988. – Вып. 6. – С. 11–13.
6. Барский А.А. Опыт работы Чустского травертинового карьера / Экспресс-информация – ВНИИЭСМ / Промышленность нерудных и неметаллорудных материалов. – М., 1988. – Вып. 7. – С. 11–13.
7. Пат. 2039250 Российской Федерации, МКИ Е 21С 37/00. Способ добычи блочного камня / А.Н. Зорин, С.К. Лещенко, В.Г. Колесников (UA): – №5017235/03 – Бюл. № 19. – 6 с.
8. Банно Р. и др. Эффект пзмельчения горных пород при использовании химических соединений, разрушающих породы вследствие расширения, при наличии добавок, вызывающих разогрев разрушающего вещества. // Коге Каяку-кекайси. – 1984. – №1. – С. 290–295.
9. Пат. 2039252 Российской Федерации МКИ Е 21 С 37 / 00. Способ разрушения твердых тел и устройство для осуществления / М.М. Николаев, А.В. Агеев, С.Г. Агеев, А.А. Корнеев: – №5047842. – Бюл. № 19. – 9 с.
10. Пат. 1730448 СССР, МКИ Е 21 С 37 / 00. Способ приготовления невзрывчатой разрушающей смеси / В.Г. Ровенский, В.Б. Амбалов: – №4805405. – Бюл. №16. – 4 с.
11. Aplicaciones practicas de los cementos expransivos en tagueos, excavaciones demoliciones Rios Vazquez Jaime, Fernandes Juan Bautista // Rocas y miner. – 1983. – №143. – S. 20–21, 24–26.
12. Христолюбов В.Д. Разработка ресурсосберегающего способа Добычи минерального сырья невзрывчатыми разрушающими средствами: Автореф. дис. кан. техн. наук. – Московский горный институт. – Москва, 1988. – 21 с.
13. Косолапов А.И., Волченко Н.И. Определение параметров технологии добычи блоков мрамора невзрывчатыми разрушающими средствами скважин // Строительные материалы. – 1990. – № 1. – С. 5–6.
14. Пат. 2141563 Российской Федерации, МКИ 6 Е 21 С 37/00. Способ раскалывания каменных материалов невзрывчатыми разрушающими составами / А.Е. Азаркович, М.Б. Эткин. – Бюл. №32. – 8 с.
15. Разрушение горных пород смесями ЦЕВАМИТ // Горный журнал. – 1985. – № 7. – С. 35–37

16. Пат. 2043498 Российской Федерации, МКИ 6 Е 21 С 37/00. Способ отделения блоков от массива / В.Д. Ларионов, А.М. Маненков. – Бюл. № 25. – 8 с.
17. Пат. 2040693 Российской Федерации, МКИ 6 Е 21 С 37/00. Способ трещинообразования в массиве горных пород / Г.В. Секисов, А.А. Таскаев, А.Е. Воробьев, В.В. Минаков, С.Е. Воробьев. – Бюл. № 21. – 6 с.

БАККА Микола Терентійович – доктор технічних наук, професор, завідує кафедрою геотехнологій та промислової екології Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- гірництво;
- екологія.

ЯВОРСЬКА Світлана Вікторівна – інженер кафедри інженерної екології Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

- гірничі технології на кар’єрах;
- екологія гірничого виробництва.

Подано 21.04.2003