

ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ПИЛОМ РОБОЧОЇ ЗОНИ ТА ПРИЛЕГЛИХ ТЕРИТОРІЙ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГРАНІТНИХ КАР'ЄРІВ

Л. А. Сербінова, асп., А. О. Водяник, докт. техн. наук (НТУУ «КПІ»)

Выполнена оценка пылевой обстановки рабочей зоны гранитного карьера. Установлена связь параметров технологических процессов с концентрацией пыли в рабочей зоне и на прилегающих территориях.

Ключевые слова: карьер, пыль, гранит, рабочая зона, загрязнение, оценка.

Виконано оцінку пилової обстановки робочої зони в гранітному кар'єрі. Встановлено зв'язок параметрів технологічних процесів з концентрацією пилу в робочій зоні та на прилеглих територіях.

Ключові слова: кар'єр, пил, граніт, робоча зона, забруднення, оцінка.

Estimation of dust situation in the working area of granite quarry is carried out. The connection between parameters of technological processes and concentration of dust in the working area and adjoining territories is established.

Key words: quarry, dust, granite, workplace, pollution, estimation.

Вступ. Відкрита розробка родовищ граніту супроводжується значним виділенням пилу, який забруднює повітря робочої зони та прилеглих до кар'єрів територій. Про масштаби таких забруднень свідчить те, що концентрація пилу біля джерел утворення під час проведення бурових, виймально-навантажувальних, транспортних робіт може сягати від 32 до 93 мг/м³, а біля конвеєрів на каменеподрібнювальних заводах – навіть 200 мг/м³ і вище [1]. Масовими вибухами, повітряними потоками дрібнодисперсні частинки пилу піднімаються в атмосферу і відносяться вітром на великі відстані.

Гранично допустимі концентрації (ГДК) пилу в повітрі робочої зони становлять 2...6 мг/м³ (у залежності від вмісту діоксиду кремнію SiO₂), у повітрі населених пунктів – 0,1 мг/м³ [2], тобто в робочій зоні спостерігається багаторазове перевищення ГДК. Інформація про те, як змінюється концентрація пилу в атмосферному повітрі на прилеглих до гранітних кар'єрів територіях під впливом гірничих робіт, є на сьогодні недостатньою для того, щоб зробити висновок про рівень забруднення та його вплив на стан здоров'я населення прилеглих до кар'єру територій.

Очевидно, що запиленість повітря робочої зони шкідливо діє на здоров'я гірників. Це підтверджують дані про рівень професійних захворювань гірників (бронхолегеневі патології), який суттєво вищий порівняно з безпиловими виробництвами. Очевидно також, що на прилеглих до кар'єру територіях населення теж відчуває вплив запиленого атмосферного повітря. Тому проблема боротьби з пилом у кар'єрах є актуальною. Складність її розв'язання зумовлена тим, що кар'єри часто розташовані поблизу або безпосередньо на території населених пунктів, мають різні гірничо-геологічні умови і

відпрацьовують корисні копалини та вміщуючі породи з різними фізико-механічними властивостями і мінеральним складом.

Надійних методів оцінювання розсіювання пилових забруднень в робочій зоні, особливо на прилеглих до гранітних кар'єрів територіях на сьогодні немає. Відсутні також методи оцінки внеску окремих технологічних процесів у формування загальної зони забруднення атмосферного повітря. Це в свою чергу не дозволяє ефективно управляти технологічними процесами в кар'єрі з урахуванням небезпеки забруднення пилом і визначати раціональні способи пилоподавлення та пилопригнічення.

Метою статті є визначення зон розсіювання пилу біля джерел його утворення при відкритих гірничих роботах і за межами кар'єру та дослідження зв'язку параметрів технологічних процесів з концентрацією пилу в робочій зоні та на прилеглих територіях.

Викладення основних результатів дослідження. До складу гранітів входять польові шпати – 60...65 %, кварц (діоксид кремнію SiO_2) – 20...25 %, біотит, рогова обманка – 5...10 %. Відомо, що на виробництвах, де працівники знаходяться в запыленій атмосфері із вмістом діоксиду кремнію (від 10 до 70 %), спостерігається 45...65 % випадків пневмоконіозів, хронічного бронхіту та хронічних захворювань легенів від усієї кількості професійних захворювань [3].

У нормах ГДК речовин фіброгенної дії для повітря робочої зони зазначається, що ГДК пилу з вмістом діоксиду кремнію (SiO_2) від 10 % до 70 % (граніт, шамот, слюда-сирець, вуглецевий пил тощо) в робочій зоні не повинна перевищувати 2...6 мг/м^3 [1, 4, 5].

Таблиця 1. Гранично допустимі концентрації вмісту гранітного пилу в повітрі

Найменування речовини	ГДК _{рз} у повітрі робочої зони, мг/м^3	ГДК _{мр} максимальна разова, мг/м^3	ГДК _{нп} населених пунктів, мг/м^3	Клас небезпеки
Пил неорганічний з вмістом діоксиду кремнію 10...70 %	2 [4] 6/2 [5]	0,3	0,1	3

Аналіз даних табл. 1 показує, що в Україні гранично допустима концентрація гранітного пилу в повітрі робочої зони не повинна перевищувати 2 мг/м^3 . У Росії ГДК_{рз} може сягати 6/2 мг/м^3 [4, 5]. ГДК_{мр} для діоксиду кремнію, згідно з [4], становить 0,3 мг/м^3 , тоді як російськими стандартами [5] максимальна разова концентрація пилу не нормується.

За даними [1] в Україні кожен четвертий робітник працює в умовах, що не відповідають санітарним нормам і правилам. Найбільша небезпека професійної патології спостерігається в гірничій, вугільній, металургійній промисловості, що пов'язано з впливом комплексу несприятливих виробничих факторів (пил, шум, вібрація тощо). Внаслідок цього щорічно в Україні фіксується близько двох тисяч випадків пневмоконіозу (29,7 % від усіх профзахворювань) і понад дві тисячі випадків захворювання хронічним пиловим бронхітом (31 % від усіх профзахворювань) [3].

Спостерігається також регіональна специфіка захворювань населення, яка залежить від взаєморозташування промислових підприємств та населених пунктів. Так, за даними міністерства охорони навколишнього природного середовища [6] третина всіх захворювань населення Житомирської області припадає на захворювання органів дихання. На наш погляд, однією з причин цього є наявність на території Житомирської області 62 родовищ гранітів і габро, 25 з яких сьогодні розробляється. Добута сировина переробляється каменеподрібноувальними заводами на щебінь з виділенням в атмосферне повітря значних обсягів пилу, вміст у якому діоксиду кремнію часто перевищує гранично допустимі концентрації. Це дає підстави припустити наявність зв'язку між інтенсивністю гірничовидобувних робіт і станом здоров'я. Для зменшення впливу таких робіт на стан здоров'я необхідно досліджувати зв'язок технологічних процесів у кар'єрах з обсягами пиловиділення, гранулометричним і мінеральним складом пилу та зі станом здоров'я працівників кар'єру і населення прилеглих територій, оскільки аналітичні залежності для опису такого зв'язку на сьогодні відсутні.

На першому етапі досліджень для оцінювання рівня запиленості повітря робочої зони та атмосфери прилеглих територій елементами основних технологічних процесів гранітного кар'єру скористаємося методом бальної оцінки [7]. Суть методу полягає в тому, що з використанням спеціально розроблених критеріїв (табл. 2) оцінюється вплив основних складових кожного технологічного процесу на рівень забруднення пилом робочої зони, в'єго кар'єру та прилеглих територій.

Таблиця 2. Оцінка глибини змін властивостей компонентів природного середовища на території міст

Бали	Ступінь впливу на стан атмосферного повітря
0	Відсутність впливу
1	Незначне забруднення (у межах ГДК)
2	Суттєве забруднення (від 1 до 5 ГДК)
3	Критичне забруднення (більше 5 ГДК)

Результати бальної оцінки рівнів забруднення пилом робочої зони та прилеглих до кар'єру територій технологічними процесами та їх основними елементами наведено в табл. 3.

Аналіз табл. 3 показує, що технологічні процеси за небезпекою забруднення повітря пилом ранжуються таким чином:

- підривні роботи (9 балів);
- бурові роботи (9 балів);
- виймально-навантажувальні роботи (8 балів);
- транспортування (8 балів);
- подрібнення (7 балів);
- відвалоутворення (6 балів).

Таблиця 3. Оцінка впливу пилового фактора на ризик забруднення повітря робочої зони та прилеглих територій

Процес	Джерело забруднення	Робоча зона, бали	Кар'єр, бали	За межами СЗЗ кар'єру, бали	Виділення пилу, мг/м ³ [3,8–11]
Виймально-навантажувальні роботи	Екскаватор				2,9...100,4
а) черпання	Ківш екскаватора	2	1	0	
б) поворот стріли	Те ж	1	0	0	
в) вивантаження	Те ж	2	1	0	
г) холостий рух стріли екскаватора	Те ж	1	0	0	
Бурові роботи	Буровий станок				0,5...2422
а) транспортування станка	Те ж	0	0	0	
б) підготовка до буріння	Те ж	0	0	0	
в) руйнування породи у вибої	Породоруйнуючий інструмент	1	0	0	
г) транспортування гірничої породи на поверхню:	Буровий станок				
повітрям		2	1	1	
водою		1	0	0	
водно-повітряною сумішшю		2	1	0	
Підривні роботи	Вибух	3	3	3	400...3100
Транспортування					0,9...100,4
а) автомобільним транспортом	Автосамосвали	2	0	0	
б) залізничним транспортом	Вагон	2	0	1	
в) конвеєрним транспортом	Конвеєрна стрічка	2	1	0	
Подрібнення	Дробарка				0,9...81,6
а) завантаження породи в приймальний бункер	Вузол пересипання	1	0	0	
б) подрібнення породи	Дробарка	2	1	0	
в) вихід подрібненої породи з дробарки	Те ж	2	1	0	
Відвалоутворення					
а) розвантаженням автосамоскидів	Автосамоскид	1	1	0	1,7...11,0
б) розвантаження залізничних думпкарів екскаваторами	Вагон Екскаватор	1	0	0	0,8...33,7
в) бульдозерами	Бульдозер	1	0	0	1,1...15,0
г) відвалоутворювачем роторно-конвеєрного комплексу		1	0	0	19,8...12,6
д) відвалоутворювачем	Відвалоутворювач	1	0	0	0,8...33,7

Примітка. СЗЗ – санітарно-захисна зона.

Небезпека забруднення повітря пилом в межах робочих зон всіма процесами становить 31 бал, тоді як за межами кар'єру лише 2 бали, а в кар'єрі в цілому – 11 балів. Отже, найбільш забрудненою є робоча зона кар'єру, майже в 3 рази менш забруднена територія кар'єру в цілому. Найбільший вплив на прилеглі до кар'єру території справляють підривні та бурові роботи. Бальне оцінювання впливу основних процесів підтверджується результатами експериментальних досліджень [3, 8–11, 12].

Аналіз джерел пиловиділення при відкритих гірничих роботах [3, 12] показує, що при механічному бурінні підривних свердловин з 1 м³ вибуреної породи в залежності від режимів буріння утворюється від 0,4 до 110 кг пилу різної дисперсності (при шарошковому бурінні), а при термічному бурінні з повітряним охолодженням більша частина вибуреної породи перетворюється на дрібнодисперсний пил. Наступним за значущістю джерелом пиловиділення є транспортування породи великотоннажним автотранспортом, при якому з 1 м³ породи виділяється близько 1 кг пилу. При виймально-навантажувальних роботах один екскаватор може виділяти 11...15 г пилу з 1 м³ породи. Утворений пил повітряними потоками, підривними роботами розноситься і розсіюється як в межах, так і поза межами кар'єру, забруднюючи повітря робочої зони, атмосферу в кар'єрі та на прилеглих до кар'єру територіях.

Відомий цілий ряд методик розрахунку викидів забруднюючих речовин в атмосферу неорганізованими джерелами підприємств гірничовидобувної промисловості. Вони дозволяють виконувати розрахунки інтенсивності виділення пилу в атмосферу при бурінні шурфів і свердловин, підривних і вантажно-розвантажувальних роботах, на вузлах пересипання, при подрібненні тощо [13, 14].

Зокрема, у праці [13] об'єм пиловиділення при виймально-навантажувальних роботах, бурінні свердловин і шпурів, а також при пересипанні матеріалів пропонується розраховувати за залежністю виду:

$$Q = f(P_n, G, B, k_n, n, z), \quad (1)$$

де P_n, k_n – коефіцієнти, що враховують частку пилової фракції в породі, частку легкої домішки, масову частку пилової фракції в матеріалі, швидкість вітру, вологість матеріалу, розмір матеріалу, місцеві умови, метеоумови; G – маса породи, що переробляється екскаватором, т/год; B – коефіцієнт, що враховує висоту падіння матеріалу; n – кількість бурових верстатів, що працюють одночасно; z – маса пилу, що виділяється при бурінні одним верстатом, г/год.

Формули для розрахунку інтенсивності пиловиділення окремих технологічних процесів наведено в роботі [13].

Результати розрахунків за методикою [13] для умов типового гранітного кар'єру Житомирської області [5] (екскаватор ЕКГ-5А) показали, що викиди неорганічного пилу при виймально-навантажувальних роботах становлять 5,6 г/с, інтенсивність виділення пилу при бурових роботах – 0,033 г/с. Обсяги пиловиділення неорганічного пилу під час пересипання гірничої маси становлять 0,08 г/с.

За методикою [14] розраховано концентрації пилу в повітрі C на різних відстанях L від джерела виділення (рис. 1).

C , мг/м³

Ошибка! Ошибка связи.

Рис. 1. Залежність зміни концентрації пилу від відстані до джерела пиловиділення при: 1 – бурових роботах; 2 – виймально-навантажувальних роботах; 3 – пересипанні матеріалу автосамосвалами БЕЛА140

Аналіз рис. 1 показує, що максимальна концентрація при виймально-навантажувальних роботах становить 24,14 мг/м³ на відстані 50 м від джерела пиловиділення. Під час пересипання гранітного матеріалу максимальна концентрація 0,19 мг/м³ спостерігається на відстані 80 м від джерела пиловиділення. Максимальна концентрація гранітного пилу при бурових роботах становить 1740,7 мг/м³ на відстані 5 м від джерела пиловиділення.

З використанням алгоритмів, наведених у [15, 16] виконано розрахунки зони забруднення і отруєного середовища під час вибуху. Віддаль до межі розсіювання ($C = \Gamma$, н.п.) пилогазової хмари вітром після масового вибуху в кар'єрі дорівнює

$$L = 1,21 \cdot v^{-1,59} \cdot \exp(-0,0018 \cdot H) \left[-\ln\left(\frac{C}{C_0}\right) (2925 \cdot v^2 + 497,5 \cdot v - 500) \right] = 17750,6 \text{ м} = 17,8 \text{ км},$$

де H – глибина кар'єру (40 м); C – гранично допустима концентрація пилу для населених пунктів (0,1 мг/м³); C_0 – початкова концентрація пилу (4,9 мг/м³); v – швидкість вітру (2 м/с).

Таким чином, розсіювання пилу після масового вибуху в кар'єрі сягає відстані 17 км від місця вибуху. На рис. 2 і 3 показані залежності межі розсіювання пилу від глибини кар'єру та від зміни швидкості вітру після проведення вибуху в гранітному кар'єрі.

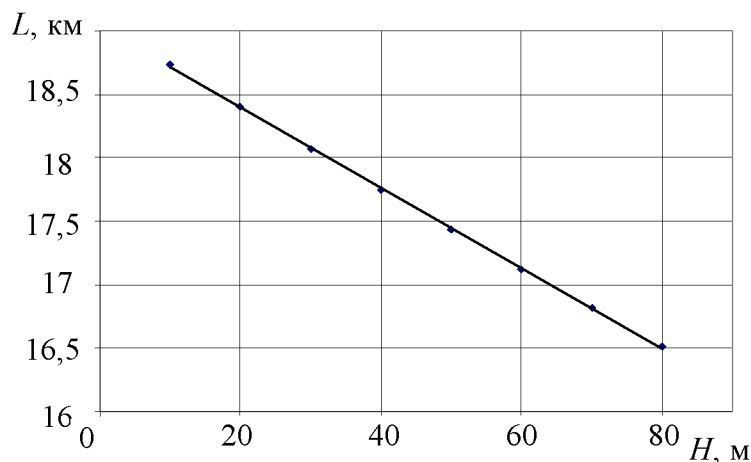


Рис. 2. Залежність зміни межі розсіювання пилу ГДК н.п. від глибини кар'єру

Межа розсіювання лінійно залежить від зміни глибини кар'єру і, за степеним законом, від швидкості вітру.

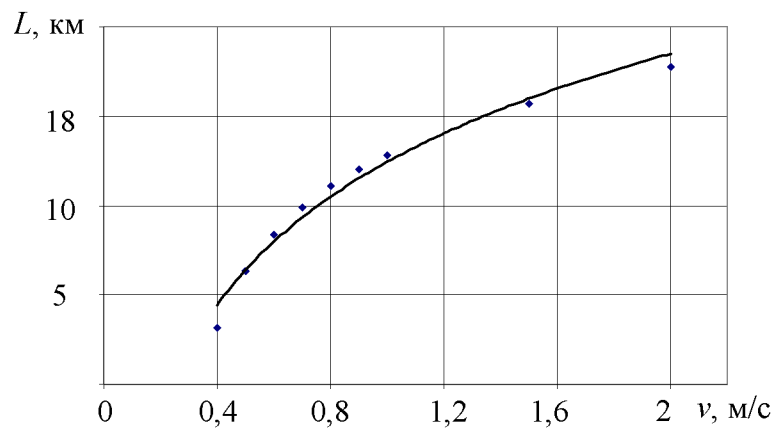


Рис. 3. Залежність зміни межі розсіювання пилу від зміни швидкості вітру

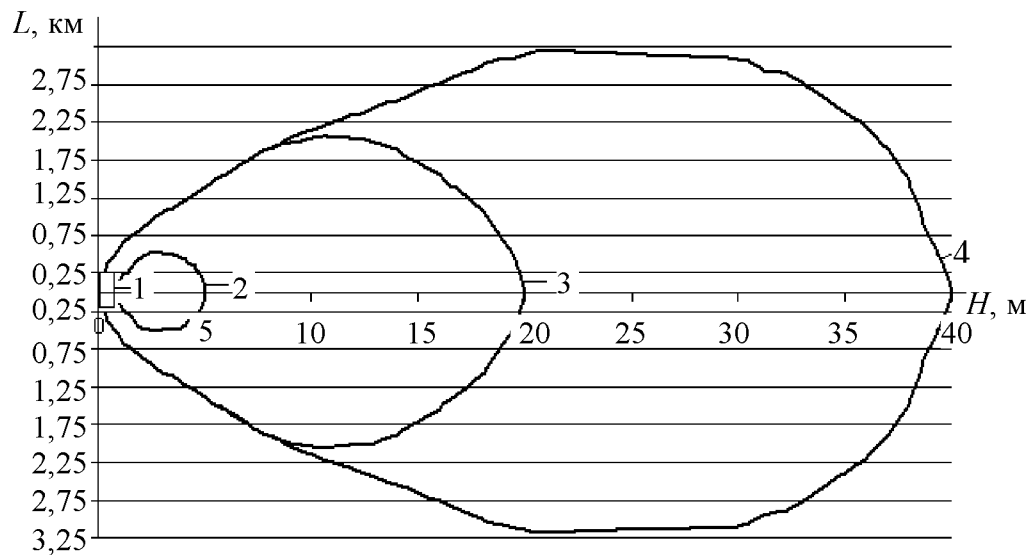


Рис. 4. Зони розсіювання пилу в кар'єрі: 1 – джерело пиловиділення; 2 – бурові роботи; 3 – виймально-навантажувальні роботи; 4 – пересипання матеріалу автосамосвалами БЕЛАЗ

Аналіз рис. 4 показує, що зони розсіювання пилу в гранітному кар'єрі, розраховані за методикою [14], досягають максимуму концентрацій $c_m = 171 \text{ мг/м}^3$ при бурових роботах на віддалі 5 м, при виймально-навантажувальних роботах на віддалі 20 м $c_m = 64 \text{ мг/м}^3$, при пересипанні гірничої маси на віддалі 40 м $c_m = 13 \text{ мг/м}^3$.

Аналіз пилогазової небезпеки основних технологічних процесів гранітних кар'єрів показує, що найбільший вплив на працівників чинять бурові роботи, підривні та виймально-навантажувальні роботи. Так, концентрація пилу, що виділяється при бурових роботах, становить $0,5 \dots 2422 \text{ мг/м}^3$, а після вибуху – $400 \dots 3100 \text{ мг/м}^3$. Найбільш забрудненою є робоча зона та територія кар'єру в цілому. Менш небезпечними є такі технологічні процеси, як подрібнення, транспортування і відвалоутворення гірської породи.

На сьогодні важливим завданням є розроблення нових або оптимізація діючих технологічних процесів та схем видобутку корисних копалин з метою

зниження забруднення навколишнього середовища та зменшення ризику професійних захворювань. Тому перспективними є подальші дослідження зв'язку параметрів технологічних процесів, розроблення моделей для оцінювання пилової небезпеки, яку викликають ці процеси та обґрунтування заходів і засобів зменшення інтенсивності виділення пилу за рахунок оптимізації параметрів технологічних процесів і вибору раціональних способів очищення від пилу та пилопригнічення.

1. Масік Н. П. Аналіз результатів профілактичного огляду працівників гранітного кар'єру / Н. П. Масік, В. П. Маленький // Укр. мед. часопис. – 2009. – № 5(73) ІХ–Х. – С. 89–92.
2. Бакка М. Т. Дослідження впливу кар'єрів з видобутку будівельних матеріалів на атмосферне повітря та земну поверхню / М. Т. Бакка, О. А. Пирський, Г. М. Рижов. – Житомир: Ред.-видав. відділ Житомирського державного технологічного університету. – 2003. – 110 с.
3. Кундієв Ю. І. Професійне здоров'я в Україні. Епідеміологічний аналіз / Ю. І. Кундієв, А. М. Нагорна. – К.: Авіцена, 2006. – 316 с.
4. Про затвердження Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 27 грудня 2001 року № 528.
5. Федеральный закон Российской Федерации «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» № 52-ФЗ от 30 марта 1999 г.
6. Екологічні мапи до доповідей про стан НПС [Електронний ресурс] – Стан довкілля в Україні. – Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. – К., 2004. – Режим доступу: <http://www.menr.gov.ua/cgi-bin/go?node=ЕКО%20maps>.
7. Рудько Г. І. Стан ресурсів надр як чинник формування та розвитку міст і промислово-міських агломерацій / Г. І. Рудько, І. М. Суматохіна. – К.: Маклауд, 2008. – 354 с.
8. Лобода А. И. Борьба с пылью на открытых горных работах / А. И. Лобода, Б. Н. Ребристый, В. Ю. Тыщук. – К.: Техника, 1989. – 152 с.
9. Янов А. П. Руководство по защите рудничной атмосферы от загрязнения (Открытые горные работы) / А. П. Янов, П. В. Бересневич, А. А. Галушкина. – Кривой Рог. – 1988. – 175 с.
10. Ефремов Э. И. Проблемы экологии массовых взрывов в карьерах / Э. И. Ефремов, П. В. Бересневич, В. Д. Петренко и др. – Днепропетровск: Січ, 1996. – 179 с.
11. План розвитку гірничих робіт у м. Коростень на 2009 р. – ВАТ «Коростенський щебзавод». – 41 с.
12. Хохряков В. С. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых: Учебн. для техникумов. Изд. 5-е, перераб. и доп. / Хохряков В. С. – М.: Недра, 1991. – 336 с.
13. Методическое пособие по расчету выбросов от неорганизованных источников в промышленности строительных материалов. – М.: Минстройматериалов, 1985. – 31 с.
14. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий // Ленинград: Гидрометиздат. – 1987. – 93 с.
15. Порцевский А. К. Вентиляция шахт. Аэрология карьеров / А. К. Порцевский, Е. И. Комаров. – М.: МГОУ, 2004. – 71 с.
16. Ушаков К. З. Аэрология карьеров / К. З. Ушаков, В. А. Михайлов. – М.: Недра, 1985. – 272 с.