

ЗНИЖЕННЯ РІВНІВ ЗАБРУДНЕННЯ ТЕРИТОРІЙ, ПРИЛЕГЛИХ ДО ГРАНІТНИХ КАР'ЄРІВ

*В.С. Колесник, А.В. Павличенко,
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Україна*

Для зниження екологічної небезпеки гранітних кар'єрів та негативного впливу на довкілля запропоновано інженерний захід із закріплення поверхні, що пилить, шляхом нанесенням розчину природного бішофіту. Реалізація запропонованого технічного рішення забезпечить суттєве зниження виносу гранітного пилу за межі санітарно-захисної зони кар'єру.

Діяльність гранітних кар'єрів супроводжується постійним забруднення об'єктів навколишнього середовища твердими, рідкими та газоподібними речовинами, накопиченням значних об'ємів відходів, тепловим, електромагнітним, шумовим й іншим видами забруднень. Більшість технологічних процесів на кар'єрах є неорганізованими джерелами забруднення і тому у довкілля потрапляє практично без очищення значна кількість забруднювальних речовин [1-4].

Видобуток корисних копалин відкритим способом, пов'язаний з руйнуванням та переміщенням значних об'ємів гірничої маси, що стає джерелом утворення великої кількості твердих та газоподібних забруднювальних речовин, які потрапляючи у навколишнє середовище погіршують як умови проживання населення, так і стан рослин в гірничопромислових регіонах України [3-6]. Більшість технологічних процесів в кар'єрах є джерелами утворення твердих речовин, включаючи дрібні куски породи і пил, а також окису азоту, двоокису сірки, окису вуглецю та інших забруднювальних речовин [5-8].

Очевидно, що небезпека та вплив пилу на організм людини залежить від його хімічного складу пилу, дисперсності, форми пилинок. Пил підрозділяється на токсичний (ртутний, свинцевий, марганцевий та ін.) і нетоксичний (вугільний, породний, гранітний торф'яний та ін.). Вплив нетоксичного пилу проявляється в порушенні життєдіяльності верхніх дихальних шляхів, легенів, шкіри та очей. Усі заходи боротьби з пилом можна розділити на дві основні групи: попередження або зниження пилоутворення за рахунок рекультивації, в тому числі біологічної, територій порушених гірничими роботами; попередження або зниження пилоутворення за рахунок гідравлічної обробки поверхонь, що пилять [8-10].

Одним із ефективних методів боротьби з пилоутворенням є попереднє зволоження поверхні, що пилить. Сутність попереднього зволоження полягає в тому, що частинки пилу, які оброблені рідиною, швидко осідають, певною мірою зв'язуються й утримуються достатньо довгий час на земній поверхні.

Виходячи з вищесказаного, можна відмітити, що гранітні кар'єри є інтенсивним джерелом забруднення атмосферного повітря та прилеглих територій пилом, який має негативний вплив на здоров'я працівників підприємств, призводить до розвитку професійних захворювань та ускладнює виконання ними посадових обов'язків, а також впливає на здоров'я населення, що мешкає поблизу кар'єрів, на інші компоненти довкілля. Тому існує необхідність створення ефективного засобу зменшення виносу пилу з поверхонь, що є джерелом гранітного пилу, а це прилеглі до гранітних кар'єрів території, зокрема дороги та їх узбіччя.

Метою роботи є розробка природоохоронних заходів, спрямованих на зниження виносу забруднювальних речовин, включаючи пил, за межі санітарно-захисної зони гірничих підприємств.

Надходження пилу, що виділяється з поверхонь, що пилять, в навколишнє середовище, визначається комплексом некерованих і керованих чинників. До головних некерованих чинників відносяться кліматичні умови, швидкість вітру, характер його зміни поблизу поверхні, кількість і тривалість штилів та інверсій, турбулентність потоку, гранулометричний склад частинок пилу та ін. До керованих – параметри кар'єру, техніка і технологія видобутку, перевантаження та

транспортування гірничої маси, складування, організація робіт тощо [1, 8-10].

Дослідження процесу забруднення навколишнього середовища пилом кар'єрів показало, що основними чинниками, які впливають на процес виносу пилу, є швидкість вітру, вологість поверхневого шару осілого пилу і його гранулометричний склад, який і визначає стійкість поверхні до вітрової ерозії. Вважається, що фракції більше 1 мм, розташовані в шарі завтовшки 0-5 см, є ґрунтозахисними. Розвиток ерозії починається при певних критичних швидкостях вітру та залежать від розміру частинок. Для піщаних і ґрунтових частинок розміром 0,05-0,25 мм критична швидкість здіймання дорівнює 3,0-5,0 м/с, а при менших і більших розмірах – збільшується [11].

Чинником, що впливає на процес здіймання пилу, є також вологість, як повітря, так і матеріалу що знаходиться на поверхні. Аутогезія малих частинок, що має вплив на ерозію, при вологості повітря більше 70%, збільшується [11]. Отже для закріплення частинок на поверхні варто збільшувати зволоження поверхонь, що можуть пилити [11-15].

Під час гірничих робіт як закріплювач пилоутворюючої поверхні часто застосовується сульфатне мило (СМ) [12]. Це побічний продукт сульфатного варіння целюлози, що виділяється при відстоюванні сульфатного луґу. До недоліків СМ можна віднести складність транспортування та необхідність спеціальної підготовки перед використанням.

Останнім часом при окремих технологічних процесах на гірничих підприємствах досить широке застосування знайшов розчин природного бішофіту (РПБ). Так, зокрема, РПБ широко використовується для боротьби з пилоутворенням на кар'єрних автодорогах. Ефективність його використання доволі висока, як за скороченням пилоутворення, так і за тривалістю закріплення пилу. Так, на автодорогах витрати РПБ рекомендується утримувати в межах 3-5 кг/м². Така велика витрата РПБ пояснюється високою інтенсивністю руху автотранспорту, колеса якого перемішують і подрібнюють дорожнє покриття і виносять частину РПБ [13].

Крім того, РПБ використовується для обробки гірничої маси в піввагонах і думпкарах, що рухаються зі швидкостями до 20 м/с, шляхом її покриття та створення кірки, що запобігає здуванню пилу [14].

Використання РПБ на гранітних кар'єрах цілком можливе. Оскільки швидкість вітру над їх поверхнею не перевищує 10-15 м/с, вони не піддаються вібрації як транспортні засоби. Ми вважаємо, що достатньо сталий стан прилеглих до кар'єру поверхонь дозволяє зменшити витрату РПБ для закріплення поверхонь, що пилять, до рівня 1-2 кг/м², що зробить його застосування екологічно і економічно ефективним.

Бішофіт є природним мінералом, що містить хлоридно-магнієво-натрієвий комплекс, йод, бром, залізо та інші елементи. Бішофіт – переважно гігроскопічна сіль $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, яка видобувається супутно із свердловин у вигляді розсолу при розробці газоконденсатних родовищ у Полтаві. Щільність (густина) розсолу 1,24-1,26 кг/дм³. Температура його замерзання -35 °С. Продукт не токсичний, відноситься до 4-го класу небезпеки і не має шкідливого впливу на організм людини при роботі з ним. Продукт не утворює токсичних сполук у повітряному середовищі. Гранично допустима концентрація у повітрі робочої зони виробничих приміщень 5 мг/м³ по аерозолі хлористого магнію. Гарантійний термін зберігання продукту в закритій тарі – не обмежений. Основна перевага бішофіту при його використанні для закріплення поверхонь, що пилять, – його висока гігроскопічність. При цьому у відкритих емностях він не висихає навіть у спекотні періоди року. Бішофіт, в порівнянні з водою, також в 1,5-2 рази менше викликає корозію чорних металів.

Зазначимо, що верхній шар поверхні гранітного кар'єру в суху погоду під впливом сонячних променів і вітру висихає дуже швидко. Викликає інтерес визначення ефективності закріплення поверхні гранітного кар'єру, що пилить, після нанесення РПБ.

Дослідження властивостей бішофіту як закріплювача поверхні гранітного кар'єру, що пилить, проводилися нами в лабораторних умовах.

Прилади і матеріали для дослідження:

- вимірювальна склянка – конічна посудина з поділками (шкалою, відповідно до її

місткості) і носиком;

- бюретка – скляна трубка для точного відмірювання невеликих кількостей рідини. Дрібні поділки нанесені через 0,1 мл;

- розчин природного бішофіту.

Методика приготування зразків пилових проб та нанесення на них закріплюючого розчину полягала у наступному. З верхнього шару поверхні гранітного кар'єру було взято пробу пилу в різних його точках, приблизно 2 кг. Перед проведенням дослідження відібрані зразки перемішували та додатково подрібнювали до стану дрібнодисперсного пилу та просіювали через сито з отворами діаметром 1,2 мм. Отриману пробу насипали у невеликі формочки (рис. 1), площа горизонтальної поверхні яких складала $S = 0,87 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$, а глибина – 8 см. Пробу у формочці ущільнювали.

Після приготування проб у формочках вони зрошувалися бішофітом, що рівномірно наносилася на поверхню проби з допомогою бюретки з різною кількістю: 1,5 мл, 3 мл і 4,5 мл. При цьому визначалась глибина і відповідний час проникнення розчину в пробу (за 1 хв., 10 хв. та 30 хв.). Результати представлені на рис. 1.

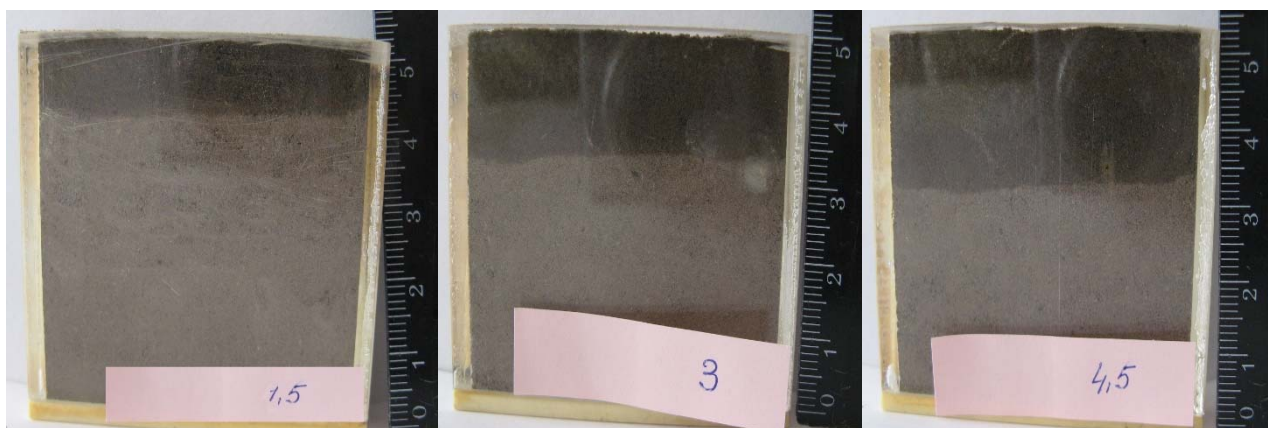


Рис. 1 – Глибина проникнення бішофіту у пробу через 1 хвилину після нанесення розчину у кількості: 1,5 ;3 і 4,5 мл

Глибина проникнення розчину бішофіту у пробу одразу після нанесення, тобто приблизно через 1 хв. становила: 8 мм, 17 мм і 21 мм, відповідно. Через 10 хвилин глибина проникнення бішофіту об'ємом 1,5; 3 і 4,5 мл становила відповідно 11 мм, 19 мм і 25 мм, а через 30 хвилин глибина проникнення бішофіту об'ємом 1,5; 3 і 4,5 мл становила відповідно 16 мм, 22 мм і 28 мм.

Оскільки є задача мінімізувати витрати розчину бішофіту на основі наведених вище значень глибини його проникнення у шар проби спочатку було побудовано графік залежності глибини проникнення мінімальної дози розчину бішофіту – 1,5 мл від часу (рис. 2).

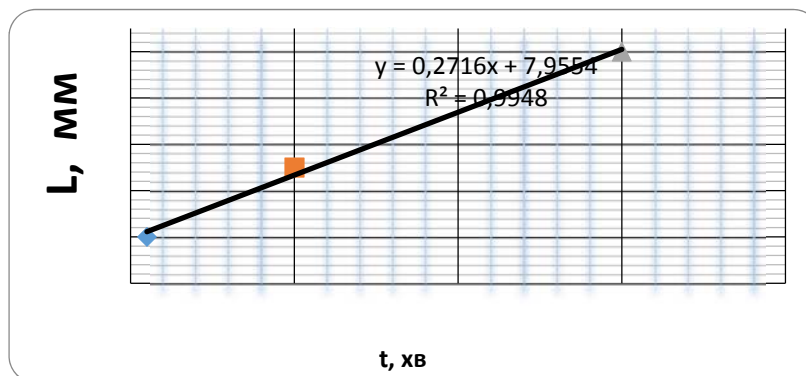


Рис. 2 – Залежність глибини проникнення мінімальної дози розчину бішофіту – 1,5 мл від часу

Як бачимо, за 30 хвилин мінімальна доза просякає шар проби на глибину від 8 мм до 16 мм практично лінійно у часі, що на наш погляд достатньо для утворення після висихання розчину достатньо міцної кірки відповідної товщини. Характерний вигляд змоченої бішофітом поверхні, що спостерігався нами під мікроскопом, наведений на рис. 3.

Як бачимо бішофіт обволікає частинки, які при цьому набувають округлої форми, а після висихання розчину утворюється достатньо тверда кірка з закріпленими в ній частинками пилю.

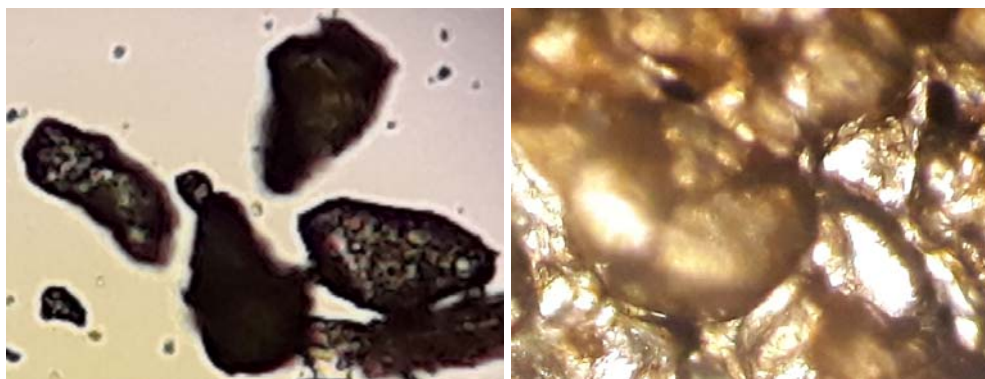


Рис. 3 – Характерний вигляд не змоченої (зліва) і змоченої бішофітом запиленої поверхні під мікроскопом

Далі для уточнення дози нанесення бішофіту за отриманими даними щодо просякнення розчину у формочку площею $S=0,87 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ нами було побудовано залежність глибини проникнення закріплюючого розчину бішофіту у пробу одразу після нанесення розчину, тобто приблизно через 1 хв. Інакше кажучи, будувалась залежність висоти отриманого змоченого шару, від кількості нанесеного бішофіту (рис. 4).

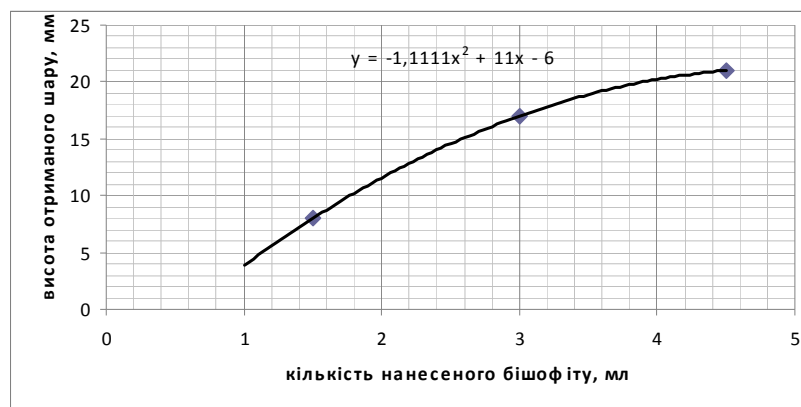


Рис. 4 – Залежність висоти отриманого змоченого шару, від кількості нанесеного бішофіту одразу після його нанесення

Як бачимо, глибина просякнення (висота змочування) залежно від кількості нанесеного розчину бішофіту поступово зменшується, тому доцільно обирати дозу, використовуючи початкову ділянку наведеного вище графіка.

На цій ділянці графіку визначалась кількість бішофіту, яку необхідно нанести на одиницю поверхні для утворення закріплюючого шару, тобто кірки, товщиною 10 мм (1 см). Згідно з графіком відповідна кількість нанесеного бішофіту у лабораторну формочку повинна складати 1,8 мл. В такому разі з урахуванням площі змочуваної поверхні формочки, що

складала $S=0,87 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$, інтенсивність нанесення розчину визначимо як:

$$1,8 \cdot 10^{-3} / 0,87 \cdot 10^{-3} = 2,069 \text{ л/м}^2.$$

Таким чином, для закріплення поверхні, що пилить, на глибину до 1 см рекомендується наносити близько 2 літрів бішофіту на 1 м^2 поверхні, або 20 м^3 на гектар.

При нанесенні ж бішофіту лише на певні поверхні, що, зокрема не покриті травою, кількість його можна зменшити в умовах розглянутого гранітного кар'єру до 40%, тобто загальні витрати бішофіту складуть 8 кубометрів на гектар. Зазначимо, що рекомендації з нанесення бішофіту відповідають посушливим умовам літнього періоду та зимового без снігу.

Утворена закріплююча поверхня є досить стійка протягом трьох місяців, що підкріплюється досвідом використання бішофіту. Після штучного короткого дощування товщина закріпленого шару міняється не значно.

Рекомендації з нанесення бішофіту в умовах гранітного кар'єру зводяться до наступного. Так, незначна в'язкість розчину бішофіту дозволяє для його нанесення використати установки, призначені для розбризкування води (поливальні машини, гідромоніторні установки). Гідрозрошення може здійснюватися дощувальними апаратами, встановленими як на стаціонарних, так і пересувних системах дощування.

Гідромонітор можна встановити на машину марки БелАЗ-7648. Для нанесення бішофіту на поверхні, висота яких перевищує 15-17 метрів рекомендується наносити бішофіт за допомогою пожежного шлангу з гідрантом з висоти орієнтовно 1 м.

Розчин природного бішофіту отримують у готовому вигляді і додаткова підготовка перед його використанням не потрібна. Щільність (густина) розчину-закріплювача повинна бути не менше 1250 кг/м^3 . РПБ може наноситися як на сухі так і на вологі поверхні.

При нанесенні розчину природного бішофіту на поверхні, що пилить, для отримання максимального ефекту, краплі повинні падати на поверхню з висоти не менше 1,2 м. Змочуванню підлягають як рівні ділянки так і укоси, а також автодороги вкриті продуктами пилоутворення.

Перед заправкою автомашини БелАЗ-7648 розчином природного бішофіту для попередження накопичення мулистих опадів у ємності й одержання однорідного розчину його необхідно змішати насосом протягом 5-10 хв. Автодороги та їх узбіччя можуть бути змочені за допомогою водовозок обладнаних зрошувальними системами.

Висновки. При виконанні роботи отримані наступні результати:

1 Запропоновано закріплення поверхні гранітного кар'єру, що пилить, розчином природного бішофіту (РБП) та на основі лабораторних досліджень його властивостей обґрунтовано обсяги його нанесення у кількості до 2 літрів на квадратний метр поверхні, що підлягає обробці.

2. Дано рекомендації з нанесення розчину бішофіту в умовах гранітного кар'єру що забезпечить достатньо стійку до метеорологічних умов кірку і суттєво зменшить винос пилу на прилеглі до кар'єру території.

Таким чином, запропонований інженерний захід із закріплення поверхні гранітного кар'єру, що пилить, шляхом нанесення розчину природного бішофіту та надані рекомендації для умов такого кар'єру забезпечить суттєве зниження виносу гранітного пилу за межі його СЗЗ, що разом з ефективним озелененням покращить екологічний стан регіону.

Список літератури

1. Симоненко, В.І., Анісімов, О.О., Руденко, Б.В., Стріха, В.А. (2014). Щодо оцінки пилоутворення при переробці сировини і відвантаженню продукції нерудних кар'єрів / Вісник національного університету водного господарства та природокористування: зб. наук. праць. Рівне, (65), 458-466. <http://ep3.nuwm.edu.ua/1422/>

2. Rock fragmentation control in opencast blasting / Singh P. K., Roy M. P., Paswan R. K. et al. // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. 2016. No. 8(2), P. 225–237.

3. Gorova, A. Ecological problems of post-industrial mining areas / A. Gorova, A. Pavlychenko, S. Kulyna // *Geomechanical processes during underground mining*. Leiden, The Netherlands : CRC Press / Balkema: 2012, pp. 35-40.
4. Sołtys A., Pyra J., Winzer J. Analysis of the blast-induced vibration structure in open-cast mines // *Journal of Vibroengineering*. 2017. No. 19(1), 409–418. doi <https://doi.org/10.21595/jve.2016.17289>
5. Environmental noise management in the area of opencast mines / Lilic N., Cvjetic A., Milisavljevic V. et al. // *Tehnika*. 2017. No. 72(1), P. 47–52. doi: DOI 10.5937/tehnika1701047L
6. Використання методів системної динаміки для дослідження сталого розвитку регіонів України / Бугаєва Л. М., Османов М. М., Статюха Г. О. // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2010. Т. 2, № 10 (44). С. 22–25. URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/2772/2578>
7. Антоненко А. В., Пляцук Д. Л. Аналіз стану розробок інформаційно-аналітичних систем моделювання екологічно небезпечних ситуацій // *Технологический аудит и резервы производства*. 2015. № 6/2(26). С. 8–12. doi: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2015.56800>
7. Prokopenko V. I., Litvinov Yu. I. Environmental orientable imperative of developing the technology and excavation of horizontal fields // *Naukovyy visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2017. Vol. 2, P. 51–57.
8. Berry P., Pistocchi A. A Multicriterial Geographical Approach for the Environmental Impact Assessment of Open-Pit Quarries // *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment*. 2003. Vol. 17(4). P. 213–226. doi: <https://doi.org/10.1076/ijsm.17.4.213.17476>
9. Симоненко, В.І., Павличенко, А.В., Черняєв, О.В., Гриценко, Л.С. (2015). Екологізберігаючі технології розробки родовищ в умовах зменшеної санітарно-захисної зони. *Розробка родовищ*, (9), 469-476..
10. Ресурсозберігаючі технології видобутку корисних копалин на кар'єрах України / А.Г. Шапар, А.Ю. Дриженко, С.З. Поліщук та ін.; Під загальною ред. проф. А.Г. Шапаря. – К.: Наукова Думка, 1998. – 91 с.
11. Аутогезия сыпучих материалов / А.Д. Зимон, Е.И. Андрианов / – М.: *Металлургия*, 1078.– 287.
12. Дослідження ефективності закріплення поверхонь, що пилять сульфатним милом / М.Ф. Євдокименко, В.Г. Сашенко, А.В. Тищук та ін. – Зб. наукових праць "Охорона праці та навколишнього середовища на підприємствах гірничо-металургійного комплексу." Ін-т ДП ДП НДІБПГ, 2001. – С. 96-101.
13. Нестеренко О.В. Связывания пыли на внутрикарьерных автодорогах нежесткого типа / О.В. Нестеренко, А.Е. Лапшин, В.Н. Назаренко / Сб. «Разработка рудных месторождений», вып. 83. - Кривой Рог: Изд. КТУ, 2003. – С. 195-199.
14. Кошик Ю.И. Повышение эффективности закрепления поверхности транспортируемой руды / Сб. «Разработка рудных месторождений». – Кривой Рог: Изд. КТУ, 2002, №81. – С. 153-157.
15. Мальований, М.С., Петрушка, І.М., Малик, Ю.О. та ін. (2013). Перспективність використання природних сорбентів для забезпечення екологічної безпеки водноресурсного потенціалу держави. *Науковий вісник НЛТУ України*, 23(4), 68-75.