УДК 622.807.8

Симоненко В. І., д.т.н., професор, Анісімов О. О., к.т.н., с.н.с., Руденко Б. В., ст. 3 курсу ГРг (ДВНЗ «НГУ», м. Дніпропетровськ), **Стріха В. А., к.т.н., доцент** (ДВНЗ «НУВГП», м. Рівне)

ЩОДО ОЦІНКИ ПИЛОУТВОРЕННЯ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ СИРОВИНИ І ВІДВАНТАЖЕННЮ ПРОДУКЦІЇ НЕРУДНИХ КАР'ЄРІВ

Дослідженні інтенсивності викиду та відстані розповсюдження пилу при переробці видобутої корисної копалини на нерудних родовищах корисних копалин.
***Ключові слова*: нерудні кар'єри, пил, інтенсивність виділення пилу, відстані розповсюдження пилу.**

1. Вступ. Розробка нерудних родовищ твердих корисних копалин в Україні здійснюється відкритим способом. Як правило, переробка видобутої корисної копалини на цих родовищах виконується тут же. Тобто нерудне гірничодобувне підприємство (кар'єр, кар'єроуправління, дробильно-щебеневий завод) в своєму складі має як добувне (гірниче) – кар'єр, так і переробне – дробильно-сортувальну установку (ДСУ), дробильно-сортувальну фабрику (ДСФ), дробильно-щебеневий завод (ДЩЗ) та інші виробництва (цехи, ділянки). Від взаємного розташування цих виробництв одне відносно другого залежить не лише економічна, технічна ефективність готової продукції [1], що випускається, а головне екологічна безпека населення на близько розташованих територіях [2].

Розглядаючи можливі технологічні схеми видобутку й переробки твердої нерудної сировини, було обрано наступні позиції розташування переробних виробництв відносно кар'єра:

схема 1 – ДСУ (ДСФ, ДЩЗ) розташований на поверхні на деякій (до 500-700 м) відстані від борту кар'єра;

схема 2 – ДСУ у вигляді модульного (пересувного) дробильно-сортувального устаткування (МДСУ) розміщене безпосередньо в кар'єрі, на робочій площадці середнього або нижнього добувного уступу;

схема 3 – в кар'єрі (на нижній площадці) розташований мобільний дробильний вузол (МДВ), від якого подрібнені породи конвеєрним транспортом (пересувними внутрішньокар'єрними, підйомним, магіс-

тральним та передавальним ставами) подаються до поверхневого (на борту кар'єра за 200-300 м) сортувального вузла (ПСВ);

схема 4 – на нижній площадці (дно) кар'єра розміщений комплекс обладнання МДСУ або пересувного дробильно-сортувального устаткування (ПДСУ), від нього системою конвеєрів (збірного, підйомного, передавального) подрібнена і відсортована готова продукція пофракційно подається на борт до поверхневого складу готової продукції (ПСГП) та безпосередньо на завантаження магістральних транспортних засобів споживачів.

В технологічних схемах 1, 3 і 4 готову продукцію (фракції щебеню, пісок, бут) відпускають споживачам на поверхні кар'єру: з складів ДСУ, ДСФ, ДЩЗ (схема 1), ПСВ (схема 3) чи ПСГП (схема 4). Тобто, завантаження продукції здійснюється з можливістю пиловиділення та розносу пилових часток вітровими потоками на навколишній території. В схемі 2 всі процеси переробки корисної копалини здійснюються в кар'єрі, тут же виконується навантаження фракцій готової продукції в транспортні засоби споживачів (переважно автомашини). В даному випадку пиловиділення має місце в кар'єрному просторі, на поверхні можливий вплив на людей і екологічні складові чиниться, в основному, газоподібними речовинами, що викидаються двигунами транспортних засобів. З вищенаведеного матеріалу слідує, що на безпеку людей і екологічного середовища гірничовидобувне виробництво першочергово впливає шляхом розповсюдження пилу та викинутих газоподібних речовин.

Іншими факторами шкідливого впливу в зазначених технологічних схемах 1, 2, 3 і 4 є виробничі шуми при виконанні процесів гірничих робіт та переробки корисної копалини і відвантаження готової продукції. Окремим фактором виступають масові вибухи на кар'єрі, які, крім зазначених впливів, учиняють сейсмічні коливання земної кори, можливістю враження людей та об'єктів розлітаючими шматками породи і ударною хвилею [1, 3].

2. Аналіз останніх досліджень. Згідно результатів раніше виконаних досліджень [1] за критеріями економічної ефективності (мінімум питомим гірничокапітальних вкладень та собівартості видобутку 1 м^3 корисної копалини) до раціональних технологічних схем видобутку й переробки корисної копалини слід віднести схеми 3 і 4 для всіх представничих (4 типових) нерудних кар'єрів [4]. При їх реалізації величини гірничо-капітальних вкладень менші на 44-46% завдяки меншим термінам прохідки розкривних траншей у 1,2-2,6 раз в порівнянні з іншими схемами. Собівартість видобутку одиниці корисної копалини також зменшується на 7,9-10,6% у порівнянні з технологічними схе-

мами, в яких застосовуються автосамоскиди, як основний тип транспортного обладнання.

Пил, який утворюється в усіх процесах добувного, переробного виробництв і при відвантаженні готової продукції характеризується широким діапазоном розміру частинок від 1-2 мм до часток мікрона. В атмосферу здебільшого надходить пил з розмірами частинок меншими 10 мкм [5]. Великі частинки відразу падають на ґрунт, або через нетривалий час осідають із повітря. Осідаючи на землю, поверхню водойм, будинків, споруджень, рослини пил виступає в основній своїй ролі джерела забруднення ґрунту, водойм, рослин і іншого та цим визначається нагромадження шкідливих речовин до й вище граничних допустимих концентрацій (ГДК).

3. Методика досліджень. Розрахунки викидів пилу для кількісної оцінки пиловиділення попередньо виконуються перед введенням в роботу всього комплексу гірничодобувного й переробного обладнання на підприємстві. Потім, в процесі його експлуатації здійснюється постійний контроль промислових викидів в атмосферу відповідно з вимогами органів санітарного нагляду й Держінспекції з охорони атмосферного повітря. Загальний обсяг викидів на ДСУ, його складах та відвантажувальних площадках кар'єру може бути охарактеризований рівнянням [6]:

$$Q = A + B = \frac{k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times k_5 \times k_7 \times B' \times G \times 10^6}{3600} + \\ + k_3 \times k_4 \times k_5 \times k_6 \times k_7 \times q \times F, г/с, \quad (1)$$

де A – викиди при переробці (зсипання, перевалка, переміщення) матеріалу, г/с;

B – викиди при статичному зберіганні матеріалу;

k_1 – вагова частка пилової фракції в матеріалі. Визначається шляхом відмивання й просівання середньої проби з виділенням фракції пилу розміром 0-200 мкм;

k_2 – частка пилу (від всієї маси пилу), що переходить в аерозоль;

k_3 – коефіцієнт, що враховує місцеві метеоумови;

k_4 – коефіцієнт, що враховує місцеві умови, ступінь захищеності вузла від зовнішніх впливів, умови пилоутворення;

k_5 – коефіцієнт, що враховує вологість матеріалу;

k_6 – коефіцієнт, що враховує профіль поверхні заскладованого матеріалу й обумовлений як співвідношення $F_{факт}$ /F. Значення k_6 коливається в межах 1,3-1,6 залежно від крупність матеріалу й ступеня заповнення;

k_7 – коефіцієнт, що враховує крупність матеріалу;

$F_{факт}$ – фактична поверхня матеріалу з урахуванням рельєфу його перетину (ураховувати тільки площу, на якій виконуються навантажувально-розванатжувальні роботи);

F – поверхня пиління в плані, м^2;

q' – віднесення пилу з одного квадратного метра фактичної поверхні в умовах, коли $k_3 = 1$ й $k_5 = 1$;

G – сумарна кількість матеріалу, що переробляється, т/ч;

B' – коефіцієнт, що враховує висоту пересипання.

Величини коефіцієнтів $k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6, k_7$ та q' B' приймаються за відповідними таблицями [6], а основні вихідні дані згідно умов місцевості і виробництва. Склади, штабелі готової продукції й хвостосховища розглядаються як рівномірно-розподілені джерела пилоподавлення.

Розрахунок відстані перенесення пилу, тобто дальності розсіювання пилу (L_n, *м*) при складуванні продукції конвеєром, визначається за формулою ВНДІБТГ [5]:

$$L_n = 125{,}3 \cdot \ln\left[\frac{c}{20{,}017 \cdot 10^{-5} g}\right], \text{ м}, \qquad (2)$$

де c – задана концентрація пилу за насипом, мг/м^3;

g – інтенсивність пиловиділення, мг/с.

4. Постановка завдання. Зазначені вище технологічні схеми не досліджувались за екологічними критеріями – інтенсивністю виділення пилу при здійснюванні переробки корисної копалини та відвантаженні готової щебенево-піщаної продукції споживачам і відстані перенесення пилу при цих процесах. Вважаємо, оцінка згаданих технологічних схем за цими екологічними критеріями є важливою і актуальною задачею дослідження.

Викиди пилу при переробці сировини виникають за рахунок негерметичності устаткування ДСУ, ДСЗ, МДСУ, відсутності або незадовільної роботи засобів пилопридушення в місцях пересипання, завантаження, вивантаження та зберігання готової продукції, можна вважати їх неорганізованими викидами. Розрахунок обсягу неорганізованих викидів також необхідний для обліку припустимих валових викидів підприємств, які розташовані в зонах підвищеного забруднення атмосфери. Подібними зонами є і території навколо гірничодобувних нерудних підприємств.

5. Результати досліджень. Інтенсивність виділення пилу на представничих (типових) нерудних кар'єрах [4] при пересипанні дробленої гірничої маси на ДСЗ, ДСУ, МДСУ при складуванні сортованого фра-

кційного матеріалу у відкритих складах на поверхні (схеми 1, 3), в кар'єрному просторі (схеми 2, 4) та на поверхневих закритих (бункерних) складах (схема 4) представлена графічно (рис. 1). Як видно з наведених залежностей, найменші величини інтенсивності виділення пилу мають місце при реалізації технологічної схеми 2 з розташуванням мобільної дробильно-сортувальної установки на робочій площадці добувного уступу в кар'єрі. В порівнянні з традиційною схемою 1, коли ДСУ, ДСЗ розміщений стаціонарно на поверхні кар'єра, тут виділяється в 3,5-3,7 рази менше виробничого пилу. Досить прийнятною також є технологічна схема 4 з конвеєрною подачею (пофракційно) готової продукції на ПСГП. В ній інтенсивність пиловиділення менша в 1,3-1,5 рази. Різниця в компонуванні обладнання даної технологічної схеми зі схемою 2 полягає в транспортуванні відсортованої готової продукції. В схемі 2 її перевозять великовантажним автотранспортом з кар'єрних штабельних складів МДСУ до споживачів без складування і відвантаження на поверхні. В схемі 4 зазначену продукцію транспортують конвеєрами до поверхневого складу закритого типу. Звідси здійснюється відвантаження готової продукції споживачам.

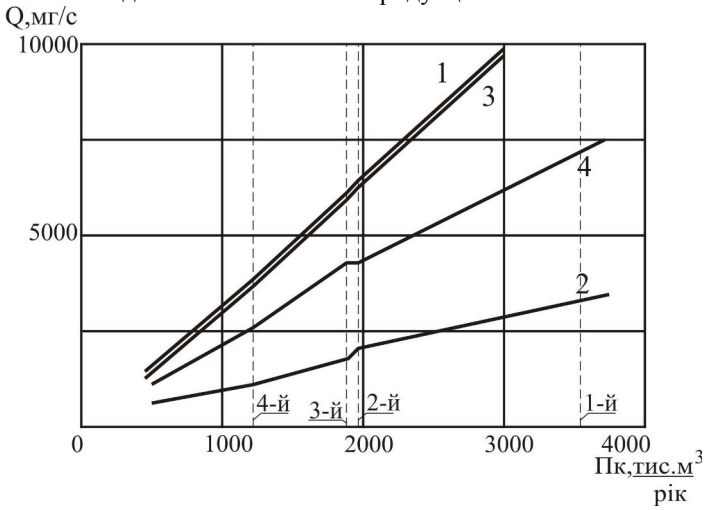

Рис. 1. Залежність інтенсивності виділення пилу Q при дробленні корисної копалини та складуванні готової продукції на нерудних кар'єрах від їх виробничої потужності Пк: 1,2…4 – розрахункові дані для відповідних схем; 1-й, 2-й, 3-й, 4-й – лінії, що вказують потужність представничих кар'єрів відповідно типів 1, 2, 3 і 4 [4]

Розрахунками за вищенаведеною формулою (2) було виявлено, що

відстань розсіювання пилу значною мірою залежить від її зволоженості. Сухий пил може розповсюджуватися на відстань від 1000 до 1480 м (рис. 2). Із зволоженням пилу відстань його перенесення зменшується в 6,5-7,5 разів. Так, при вологості фракцій готової продукції 1% зазначена відстань досягає 165-227 м (рис. 3), коли ж вологість підвищується до 3%, відстань перенесення пилових часток становить 146-202 м. В розглянутих умовах застосування технологічних схем 1, 2, 3, 4 найкращі показники мінімізації екологічного впливу гірничого виробництва на людей і їх житлові забудови за критерієм дальності розсіювання пилу, що утворився в процесі переробки корисної копалини і відвантаження готової продукції на нерудних кар'єрах, мають місце в технологічних схемах 2 і 4. Якщо зволожування продукції досягає 3% конкурентоспроможною за відстанню перенесення пилу є також технологічна схема 3 (див. рис. 3).

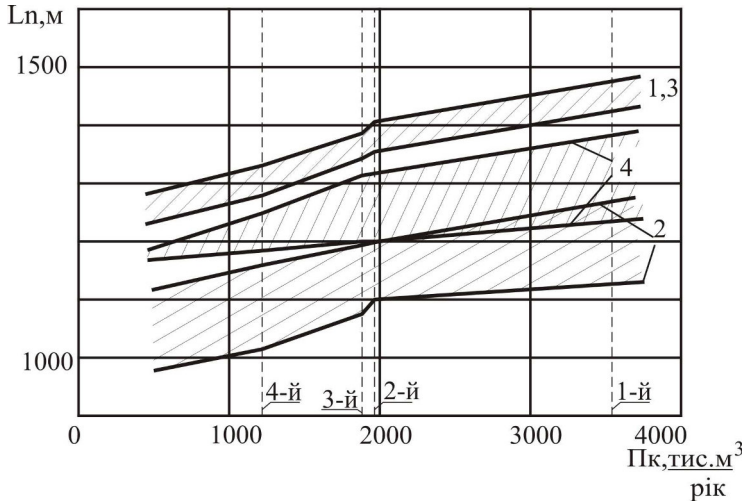

Рис. 2. Залежність відстані осідання сухого пилу (L_n, *м*) при перевантаженні готової продукції на ДСУ та складах нерудних кар'єрах від їх продуктивності Пк: 1, 2, 3, 4 – відповідно схеми технологічних процесів; 1-й, 2-й,…4-й – лінії, що вказують потужність представничих кар'єрів

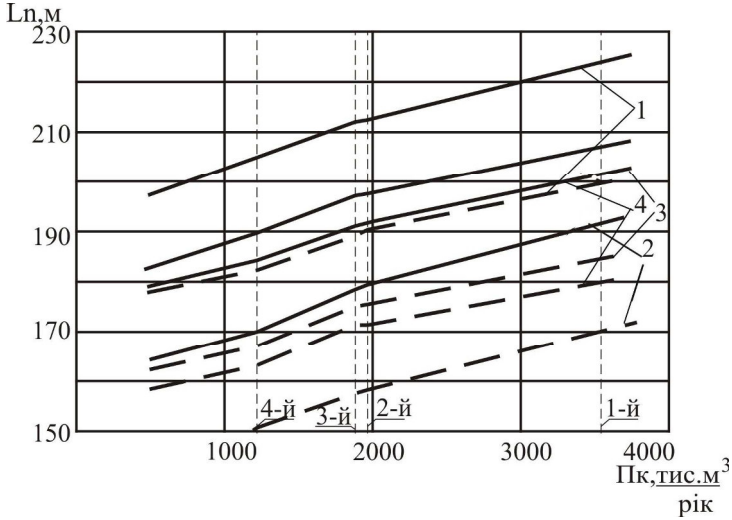

Рис. 3. Залежність відстані осідання зволоженого пилу (суцільна лінія – 1% вологості; штрихова – 3%) ($L_п$, *м*) при перевантаженні готової продукції на ДСУ та складах від їх продуктивності Пк: 1, 2, 3, 4 – відповідно технологічні схеми; 1-й, 2-й,…4-й – лінії потужності представничих кар'єрів (тип 1, 2,…4)

6. Висновки. Аналізуючи зазначені вище результати дослідження, можна орієнтуватися на впровадження в гірничовидобувній галузі твердих нерудних корисних копалин технологічних схем видобутку й переробки мінеральної сировини 2, 3 і 4, як раціональних за екологічними критеріями та економічною ефективністю [1]. Зазначені технологічні схеми передбачають внутрішньокар'єрне розташування переробного обладнання. У разі прийняття рішення щодо поверхневого комплексу переробки потрібно додаткові заходи пилопридушення. При зберіганні фракційної продукції поверхня штабелів складів відкритого типу повинна періодично зрошуватися прісною водою. Конкретний вибір тої чи іншої технологічної схеми, із раціональних, повинен здійснюватися з урахуванням інших факторів: концентрації забруднюючих речовин на межі СЗЗ; пилогазових викидів при виконанні масових вибухів у кар'єрі; дальності розлітання шматків породи при вибуху масиву на уступах, розповсюдження сейсмічних коливань і ударної хвилі в сторону житлових забудов і об'єктів, що захищаються; шумового навантаження процесів виробництва на людей.

1. Симоненко В. І. Розробити технологічні основи еколого- й енергозберігаю-

чого виробництва при видобутку твердої нерудної сировини в межах санітарно-захисних зон [текст]/ звіт про НДР (проміжний) / Державний ВНЗ «НГУ». – Керівник В. І. Симоненко. – № ДР 011U000532. – Дніпропетровськ, 2010. – С. 95-104. **2.** Симоненко В. І. Створення безпечних умов при розробці нерудних родовищ із зменшеною санітарно-захисною зоною [текст] / В. І. Симоненко, О. О. Анісімов, Л. С. Гриценко // Зб.наук. праць НГУ. – №39. – 2012. – С. 180-187. **3.** Екологічні проблеми розробки скельних будівельних матеріалів у районах приближених до житлових забудов [текст] / В. І. Симоненко, С. В. Пацьора, В. Ю. Швець, З. В. Воропаєва // Науковий вісник НГУ. – № 3.– 2009. – С. 12-16. **4.** Симоненко В. И. Систематизация гранитных и каменных карьеров для исследования ресурсосберегающих технологии их разработки [текст] / В. И. Симоненко, А. В. Черняев, А. В. Мостыка // Зб.наук.праць НГУ. – Дніпропетровськ : РВК НГУ, 2007. – № 27. – С. 47-51. **5.** Екологія гірничого виробництва: навчальний посібник / П. В. Бересневич, Ю. Г. Вілкул, О. М. Голишев та ін. – Кривий Ріг : Мінерал, 1998. – 152 с. **6.** Методика расчета концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий: ОНД-86 / Госкомгидромет. – Офиц. изд. – Л. : Гидрометеоиздат, 1987. – 94 с.

Рецензент: д.т.н., професор Колесник В. Є. (ДВНЗ «НГУ»,
м. Дніпропетровськ)

Symonenko V. I., Doctor Doctor of Engineering, Professor,
Anisimov O. A., Candidate of Engineering, Senior Research Fellow,
Rudenko B. V., Senior Student (SHEE "NMI", Dnepropetrovsk)**,**
Strikha V. A., Candidate of Engineering, Associate Professor (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

TO ASSESS OF DUST FORMATION IN THE PROCESSING OF RAW MATERIALS AND SHIP PRODUCTS NONMETALLIC CAREERS

Intensity output and distance dust produced during the processing of non-metallic minerals in mineral deposits are researched.
***Keywords*: non-metallic open-pits, dust, intensity dust emissions, distance distribution dust.**

Симоненко В. И., д.т.н., профессор, Анисимов А. А., к.т.н., с.н.с.,
Руденко Б. В., ст. 3 курса (ГВУЗ «НГУ», г. Днепропетровск),
Стриха В. А., к.т.н., доцент (Национальный университет водного

хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ОБ ОЦЕНКЕ ПЫЛЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ СЫРЬЯ И ОТГРУЗКЕ ПРОДУКЦИИ НЕРУДНЫХ КАРЬЕРОВ

Исследованы интенсивности выброса и расстояния распространения пыли при переработке добытого полезного ископаемого на нерудных месторождениях полезных ископаемых.
***Ключевые слова*: нерудные карьеры, пыль, интенсивность выделения пыли, расстояния распространения пыли.**