

### ABSTRACT

**Purpose.** The optimal scheme of transportation of rock mass on granite and stone quarries of Ukraine, with the use of conveyor and automobile types of delivery are justified. The dependence of the distance and specific energy intensity of transportation on the depth of development of typical quarries, which determine the conditions for the application of technological schemes, are established.

**The methods of research.** To obtain the results, the following methods were used: statistical - for a review of the technology used in the existing non-metallic open-cast mines in Ukraine for the extraction of raw materials for crushed stone production, analytical - to establish the dependence of the specific energy intensity of transportation of rock mass.

**Findings.** The dependence of the distance and specific energy intensity of transportation from the depth of development are established. The obtained results will allow choosing the optimal transport scheme for typical quarries.

**The originality.** The established dependences of the specific energy consumption of transportation the rock mass allow optimizing the choice of the type of transport for a particular type of quarries, taking into account the use of modern imported equipment.

**Practical implications.** The research was carried out at the development of research works on the state budget "Development of technological foundations for ecologically safe mining in technogenically loaded mining regions of Ukraine".

**Keywords:** *non-metallic quarries, transportation schemes, specific energy intensity*

УДК 622.271

© В.І. Симоненко, О.О. Анісімов, Л.С. Гриценко

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГІРНИЧОДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ПРИ РОЗРОБЦІ НЕРУДНИХ РОДОВИЩ

© V. Symonenko, O. Anisimov, L. Hrytsenko

## RESEARCH OF INFLUENCE MINING ENTERPRISES ON THE ENVIRONMENT IN DEVELOPMENT NONMETALLIC DEPOSITS

Виконано дослідження з визначення основних чинників негативного впливу на навколишнє середовище при розробці нерудних родовищ корисних копалин. Досліджено викиди шкідливих речовин при розробці родовищ за різними технологічними схемами. Встановлені рівні звукового тиску на кар'єрах з видобутку твердих нерудних корисних копалин. Розроблено рекомендації стосовно шляхів зменшення розмірів санітарно-захисних зон на вітчизняних кар'єрах з виготовлення щебеневої продукції.

Выполнены исследования по определению основных факторов негативного воздействия на окружающую среду при разработке нерудных месторождений полезных ископаемых. Исследованы выбросы вредных веществ при разработке месторождений по различным технологическим схемам. Установлены уровни звукового давления на карьерах по добыче твердых нерудных полезных ископаемых. Разработаны рекомендации относительно уменьшения размеров санитарно-защитных зон на отечественных карьерах по изготовлению щебеночной продукции.

**Вступ.** Україна належить до провідних мінерально-сировинних держав світу. Поєднання різновікових (від архею до кайнозою) геологічних структурних елементів, що сформувалися внаслідок вияву всіх властивих становленню земної кори процесів, зумовило широкий діапазон корисних копалин, що становлять мінерально-сировинну базу країни. Україна, яка займає всього 0,4 % земної суші та має в своїх надрах 5 % мінерально-сировинного потенціалу світу.

В Україні розвідано 20 тис. родовищ і проявів 111 видів корисних копалин (за даними УНІАН – 200 видів корисних копалин, 120 з яких використовує людство сьогодні). З них 7807 родовищ 94 видів корисних копалин мають промислове значення і враховуються Державним балансом запасів. Найбільше економічне значення мають кам'яне вугілля, нафта і газ, залізні і марганцеві руди, самородна сірка, кам'яна і калійна солі, нерудні будівельні матеріали, мінеральні води. Їх родовища розташовані в різних геологічних регіонах України. За розвіданими запасами деяких корисних копалин Україна випереджає РФ, США, Велику Британію, Францію, ФРН, Канаду та ін. Зокрема, за запасами і видобутком залізних, марганцевих, титано-цирконієвих руд, багатьох видів неметалевої сировини Україна в кінці ХХ ст. займала провідне місце серед країн СНД, Європи і світу [1, 2].

Крім кам'яного вугілля видобування корисних копалин в Україні ведеться в основному відкритим способом і становить 100% – для неметалічних корисних копалин, гірничо-хімічної сировини та титанових руд; біля 90% – для залізистих кварцитів; понад 50% – для марганцевої руди [2].

Особливе місце в гірничо-видобувній галузі посідають підприємства з видобутку мінеральної сировини для виготовлення будівельних матеріалів. І хоча вони мають порівняно невеликі просторові розміри (ширину довжину, глибину) та продуктивність, орієнтовану в першу чергу на місцевого споживача, загальна їх потужність порівняна з потужністю підприємств галузей видобутку залізної руди та горючих корисних копалин (кам'яне та буре вугілля).

**Постановка проблеми.** 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 забруднюючих речовин, які потрапляючи у навколишнє середовище, погіршують умови проживання населення в гірничопромислових регіонах України. А застосування, на досліджуваних кар'єрах, високопродуктивного, потужного гірничого обладнання створює додаткове негативне шумове навантаження на навколишнє середовище.

Тому гостро постає питання дослідження впливу різних технологічних схем на навколишнє середовище в гірничодобувних регіонах.

**Метою роботи** є дослідження впливу технологій ведення відкритих гірничих робіт при розробці родовищ твердих нерудних корисних копалин на навколишнє середовище; дослідження шляхів зменшення шумового впливу на об'єкти навколишнього середовища на територіях прилеглих до гірничодобувних підприємств.

**Виклад основного матеріалу.** Згідно з дослідженнями [3], виконаними Інститутом з проектування гірничих підприємств ДВНЗ «НГУ», в Україні близько 40% родовищ розташовані поблизу населених пунктів, магістральних шляхів сполучення і інших об'єктів громадського призначення.

Обсяги викидів шкідливих речовин в процесі експлуатації родовищ, залежать в першу чергу від технологічної схеми розробки зазначених родовищ. Так при розробці родовищ з використанням «класичної» технологічної схеми (рис. 1) основними факторами впливу будуть наступні: масові вибухи на кар'єрах (враження людей і забудов шматками порід, що розлітаються, ударною хвилею, сейсмічними діями (коливання землі) вибуху, викидами пилогазової хмари, шумовий ефект); навантаження та транспортування гірничої маси (підняття пилу, що розповсюджується вітровими потоками, газовиділення при роботі дизельних двигунів, шумовий ефект); переробка мінеральної сировини на дробильно-сортувальних заводах (ДСЗ), установках (ДСУ) (шум, пиловиділення); відвальні роботи (пиловиділення, вихлопи шкідливих газів дизельними та бензиновими двигунами, заняття родючих земель під відвали); складування готової продукції (піщано-щебеневої маси) у відкритих штабелях, складах (пиловиділення).

На основі наведеного вище дослідження виконано для типових груп кар'єрів [4, 5] в двох напрямках: зменшення кількості викидів шкідливих речовин та зниження шумового впливу на близько розташовані об'єкти.

З урахуванням зарубіжного та вітчизняного досвіду розробки родовищ твердих нерудних корисних копалин для подальших досліджень виділені наступні варіанти технологічних схем:

Варіант 1 ЕКГ/К.Н. – А.Т. – ДСЗ (для порівняння);

Варіант 2 ЕКГ/К.Н. – МДСУ – К.Н. – А.Т.;

Варіант 3 ЕКГ/К.Н. – МДВ – К.Т. – СВ;

Варіант 4 ЕКГ – А.Т. – МДСУ – К.Т. – ПСГП,

У варіантах 1-4 позначено: ЕКГ – екскаватор кар'єрний гусеничний, К.Н. – колісний навантажувач; А.Т. – автомобільний транспорт; ДСЗ – дробильно-сортувальний завод; МДСУ – мобільна дробильно-сортувальна установка; К.Т. – конвеєрний (стрічковий) транспорт; МДВ – мобільний дробильний вузол ДСЗ; СВ – сортувальний вузол ДСЗ; ПСГП – поверхневий склад готової продукції.

Варіант 1 (див. рис. 1) широко відомий, так як, застосовується на більшості гранітних кар'єрах України [6]. Добувні роботи ведуться на 1-3 уступах. Виймання гірничої маси здійснюється кар'єрними гусеничними екскаваторами 4

або фронтальними колісними навантажувачами. Навантажування здійснюється в автосамоскиди 5 вантажністю до 50 т. При застосуванні такого обладнання місткість ковшів екскаватора чи навантажувача становить 1,5-6 м<sup>3</sup>. Автосамоскиди 5 доставляють гірничу масу до поверхневого ДСЗ (ДСУ) 6, де здійснюється повна переробка сировини на готову продукцію. Відвантаження останньої проводиться зі складів готової продукції ДСЗ (ДСУ) 6. Цей варіант характеризується досить значною відстанню перевезення гірничої маси по кар'єрним автодорогам, що призводить до підвищеного виділення газів двигунами автомашин та створює додаткове шумове навантаження.

Варіант 2 – відрізняється від попереднього тим, що переробку сировини здійснюють на робочій площадці добувного уступу (рис. 2). Як правило це середній уступ серед групи горизонтів, що відпрацьовуються. В цьому випадку досить часто використовують колісні навантажувачі 8 в якості виймального і транспортного обладнання: від вибою до ДСУ 9. З верхнього добувного уступу спуск гірничої маси на середній (див. рис. 2) може виконуватися по породоска-ту безпосередньо в район майданчика з ДСУ 9, або ж до вибою середнього горизонту.

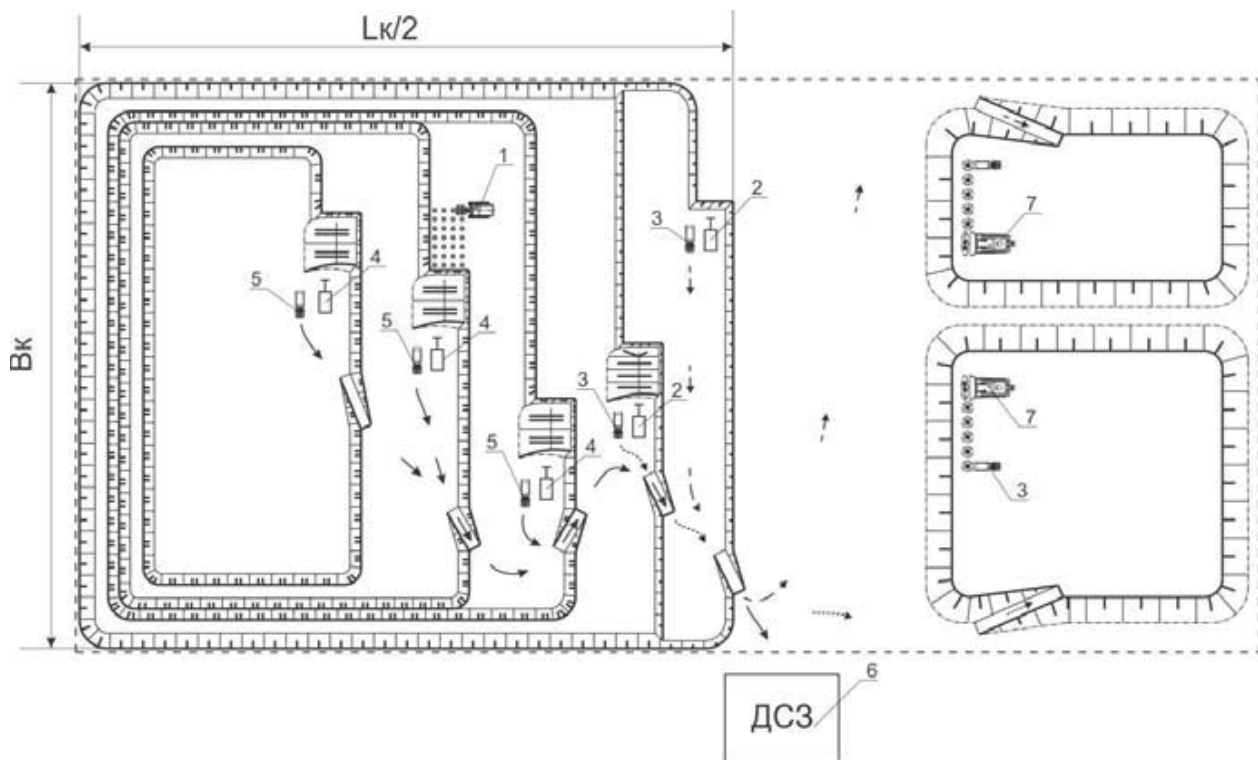


Рис. 1. Технологічна схема з доставкою гірничої маси на поверхню (до ДСЗ) автосамоскидами (варіант 1): 1 – буровий верстат; 2 – екскаватор на розкритті; 3 – автосамоскид транспортування порід розкритті; 4 – екскаватор на видобутку корисної копалини; 5 – автосамоскид транспортування корисної копалини; 6 – дробильно-сортувальний завод; 7 – бульдозер на відвалі, що формується

Дана технологічна схема характеризується незначною відстанню перевезень порід від вибоїв до ДСУ (до 0,4-0,8 км), що сприяє меншим обсягам газоділення дизельними двигунами. Після переробки сировини готову продукцію завантажують колісними навантажувачами 8 в автосамоскиди 5 споживачів (вантажність до 100 т), які вивозять її безпосередньо до місця призначення. Частина готової продукції на ДСУ 9 може завантажуватися в кар'єрні автосамоскиди (вантажністю 15-50 т) та ними вивозитися в склад на станцію завантаження залізничних потягів. За рахунок перевезень на борт кар'єра готової продукції, обсяги якої будуть меншими за об'єми видобуваної гірничої маси та зменшеної майже в двох відстані автомобільних перевезень по кар'єрним автошляхам викиди шкідливих газоподібних речовин дизельними двигунами будуть меншими на 30-40%.

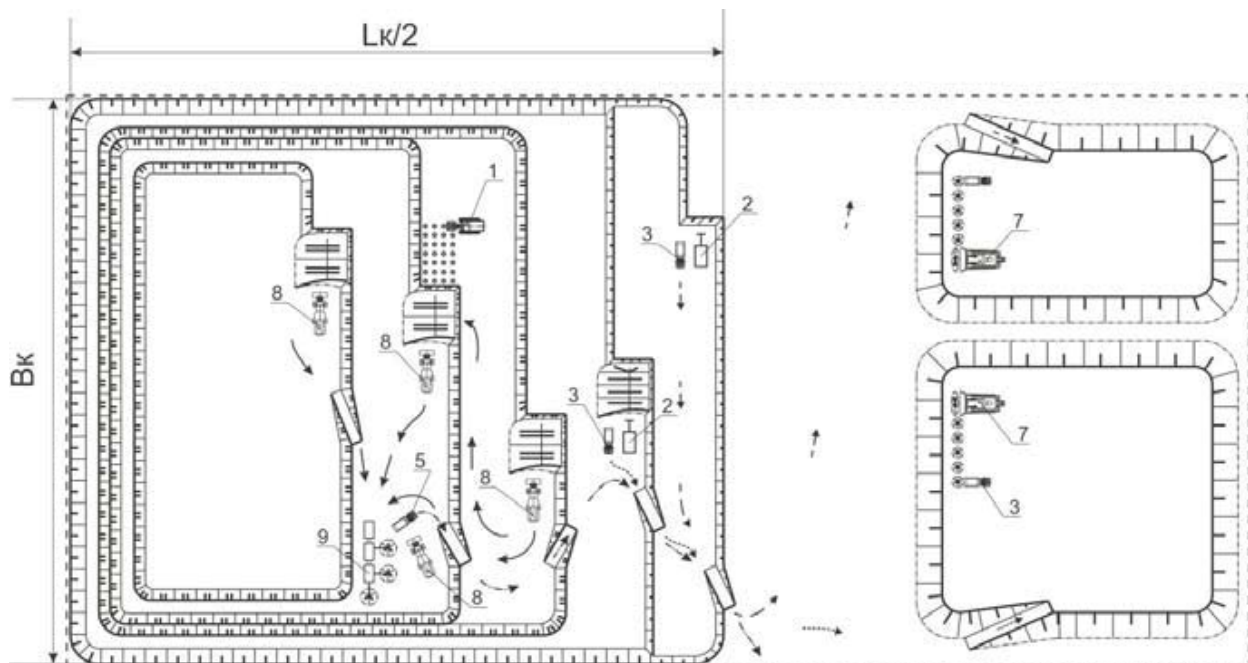


Рис. 2. Технологічна схема за варіантом 2: 1-3, 5, 7 – аналогічно рис. 1; 8 – колісний навантажувач; 9 – мобільна дробильно-сортувальна установка

Варіанти 3 і 4 передбачають застосування екологічно безпечних стрічкових конвеєрів для перевезення порід з кар'єру. У варіанті 3 конвеєром 11 (рис. 3) роздроблена в мобільному сортувальному вузлі (МДВ) 10 гірнична маса по виїзній крутій траншеї 12 та магістральному конвеєру 13 передається до сортувального вузла ДСЗ (СВ ДСЗ) 14. На СВ ДСЗ 14 здійснюється остаточне сортування подрібнених порід з виділенням фракцій готової продукції. Ця продукція звідси може відвантажуватися в залізничні потяги або ж в автосамоскиди споживачів.

Внутрішньокар'єрні перевезення гірничої маси від вибоїв верхніх добувних уступів до МДВ 10 можна здійснювати колісними навантажувачами 8. З нижнього добувного уступу порода виймається кар'єрним екскаватором 4 або

колісним навантажувачем 8. Розвантаження ковшів екскаватора 4 чи навантажувача 8 здійснюється безпосередньо в бункер МДВ 10 (див. рис. 2.3). Доставка порід з верхнього добувного горизонту може виконуватися під укіс вибою середнього горизонту, тим самим зменшується відстань транспортування майже вдвічі. Аналогічно з вибою середнього добувного горизонту породи навантажувачем 8 можуть транспортуватися до МДВ 10 або ж під укіс розвалу у вибій нижнього уступу. В цій технологічній схемі основні забруднюючі джерела – вибої уступів та короткі шляхи внутрішньокар’єрних перевезень гірничої маси. Викиди пилогазових забруднюючих речовин будуть найменшими в порівнянні з варіантами 1 і 2.

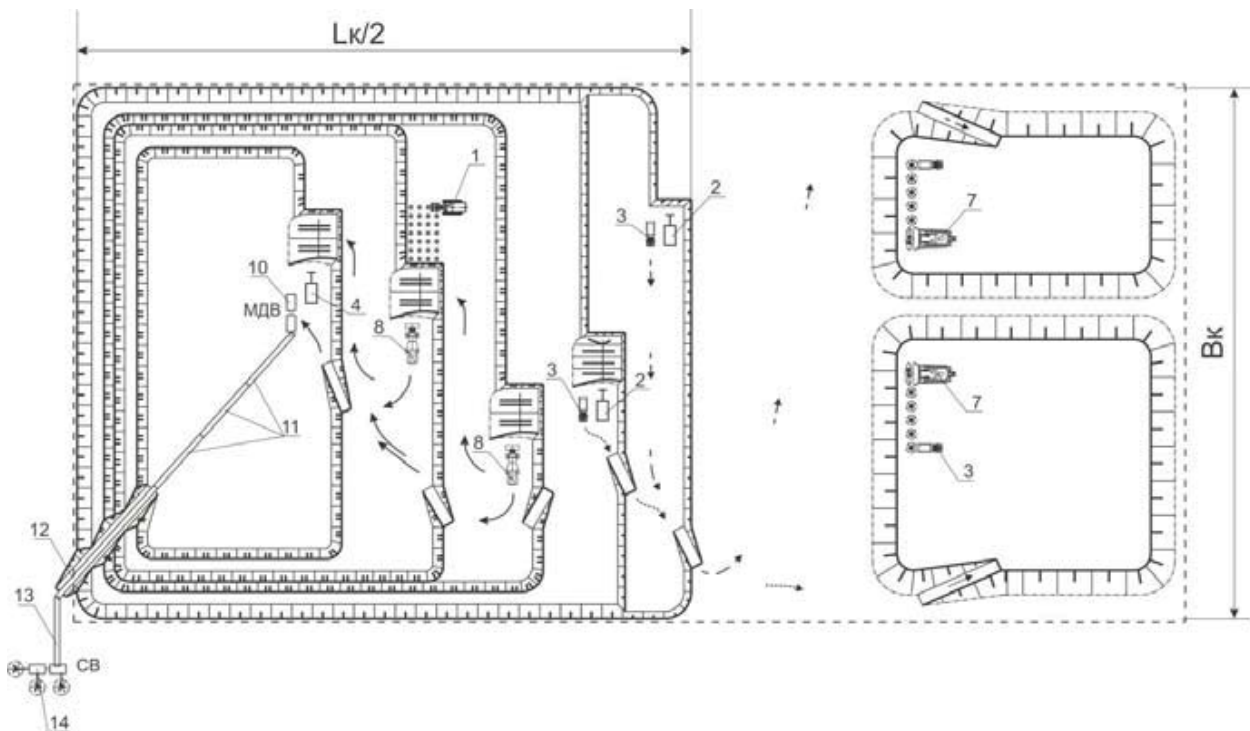


Рис. 3. Технологічна схема за варіантом 3: 1-4, 7, 8 – аналогічно рис. 1, 2;  
10 – мобільний дробильний вузол дробильно-сортувального заводу;  
11 – внутрішньокар’єрний горизонтальний конвеєр; 12 – похилий (підіймальний) конвеєр; 13 – поверхневий горизонтальний конвеєр;  
14 – сортувальний вузол ДСЗ

Схема за варіантом 4 (рис. 4) відрізняється тим, що переробку порід виконують повністю в кар’єрі на МДСУ 9, яка розташована на дні поблизу виїзної крутої траншеї 12. Підймання готової продукції здійснюється стрічковим конвеєром 12 по траншеї та магістральним конвеєром 13, яким доставляється продукція по фракціям в поверхневий склад готової продукції (ПСГП) 15. Звідси виконують відвантаження готової продукції споживачам.

Доставка гірничої маси з добувних горизонтів здійснюється колісними навантажувачами аналогічно, як і у варіанті 3. Можуть застосовуватися також ланцюги обладнання: кар'єрний екскаватор 4 – автосамоскид 5.

В технологічних схемах за Варіантами 1-4 породи розкрити транспортуються до приконтурних відвалів, сформованих в стійкому положенні [7].

Вплив розглянутих технологічних схем на безпеку територій розглянуто на прикладах роботи Чаплинського, Трикратського, Ахтівського і Одарівського гранітних кар'єрів (табл. 1).

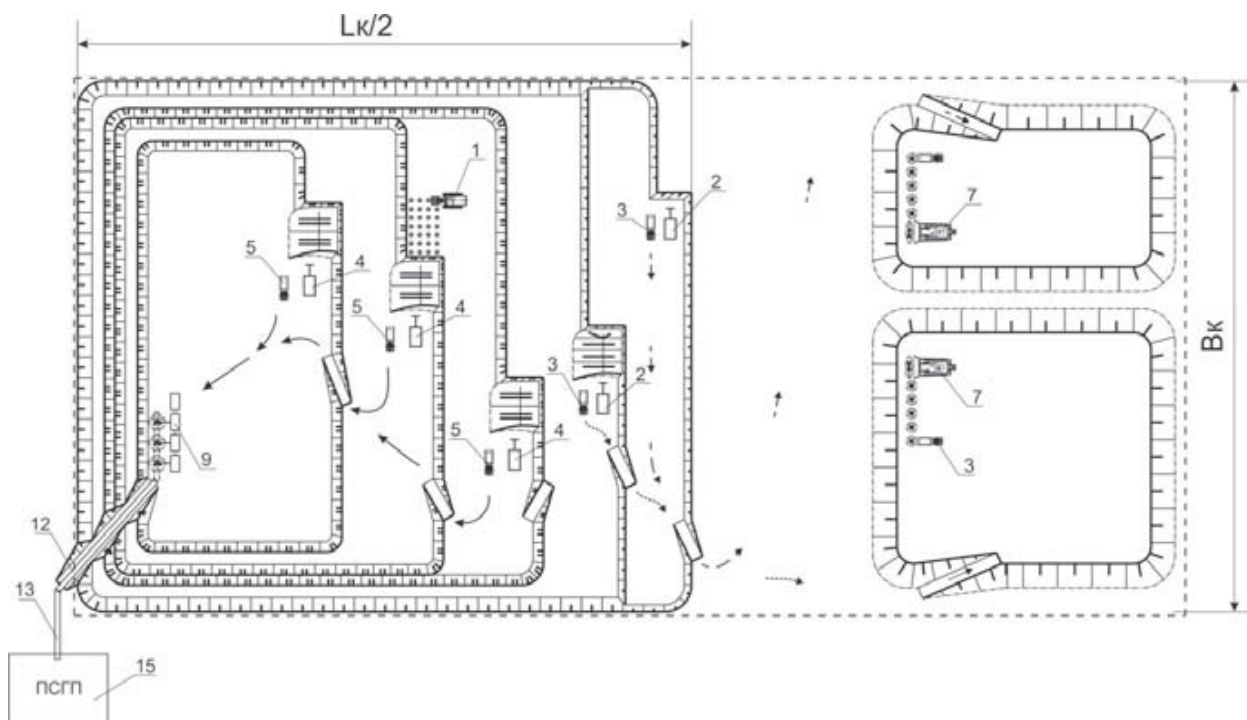


Рис. 4. Технологічна схема за варіантом 4: 1-5, 7, 9, 12, 13 – аналогічно рис. 1, 2, 3; 15 – поверхневий склад готової продукції

Рівень звукового тиску на кар'єрах залежить, в першу чергу, від прийнятої технології ведення гірничих робіт: прийнятого обладнання, типу його приводів, кількості обладнання, місця розташування вузлів і механізмів, технології ведення буро-підривних робіт, просторової орієнтації комплексів обладнання стосовно громадських і житлових забудов, урахування перешкод розповсюдження шуму (кар'єрні відвали та склади, лісосмуги, рельєф місцевості), тощо.

Допустимі рівні звукового тиску (еквівалентні рівні звукового тиску) у Дб в октавних смугах частот, рівні звуку й еквівалентні рівні звуку в дБА для житлових і громадських будівель й їхніх територій становлять: вночі (з 23 до 7 годин) 45 дБА і вдень (7 до 23 годин) - 55дБА (згідно з додатком №16 до Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів №173 від 19.06.96 р.).

Таблиця 1

Максимальні концентрації шкідливих забруднюючих речовин на Чаплинському, Трикратьському, Одарівському та Ахтівському кар'єрах

Назва кар'єру	Чаплинський		Трикратьський		Одарівський		Ахтівський	
	Варіант 1		Варіант 2		Варіант 3		Варіант 4	
Технологічна схема	СЗЗ	Житлова зона	СЗЗ	Житлова зона	СЗЗ	Житлова зона	СЗЗ	Житлова зона
Речовина								
Азоту двоокис	0.085	0.01/0.104	0.01/0.104	0.01/0.104	0.55/0.95	0.40/0.80	0.61/0.704	0.31/0.404
Сажа	0.6	0.03/0.44	0.05/0.45	0.03/0.44	0.49/0.89	0.34/0.74	0.48/0.88	0.21/0.61
Ангідрид сірчистий	0.04	0.01/0.05	0.01/0.05	0.01/0.05	0.12/0.52	0.081/0.481	0.27/0.31	0.07/0.15
Вуглецю окис	5.0	0.01/0.09	0.01/0.09	0.01/0.09	0.14/0.54	0.084/0.484	0.13/0.21	0.06/0.14
Бензопирен	0.4	0/0.4	0/0.4	0/0.4	0.048/0.448	0.026/0.426	0.02/0.42	0.01/0.41
Альдегіди	0.05	0.03/0.43	0.03/0.43	0.02/0.42	0.32/0.72	0.19/0.59	0.34/0.74	0.12/0.52
Вуглеводні	1.00	0.06/0.46	0.06/0.46	0.04/0.44	0.54/0.94	0.37/0.77	0.55/0.95	0.24/0.64
Пил неорганічний (Si <sub>2</sub> 20-70%)	0.50	0.03/0.197	0.03/0.197	0.02/0.187	0.35/0.75	0.22/0.62	0.19/0.59	0.38/0.78
Пил неорганічний (Si <sub>2</sub> менш 20%)	0.50	0.03/0.43	0.03/0.43	0.02/0.42	0.065/0.465	0.033/0.433	-	-

Примітка: чисельник – концентрації без урахування фону; знаменник – теж з урахуванням фону.



Розрахунок розповсюдження рівня звукового тиску (шуму) виконано для досліджуваних типових кар'єрів [4, 5] за варіантами 1-4. Результати розрахунків наведено на рис. 5.

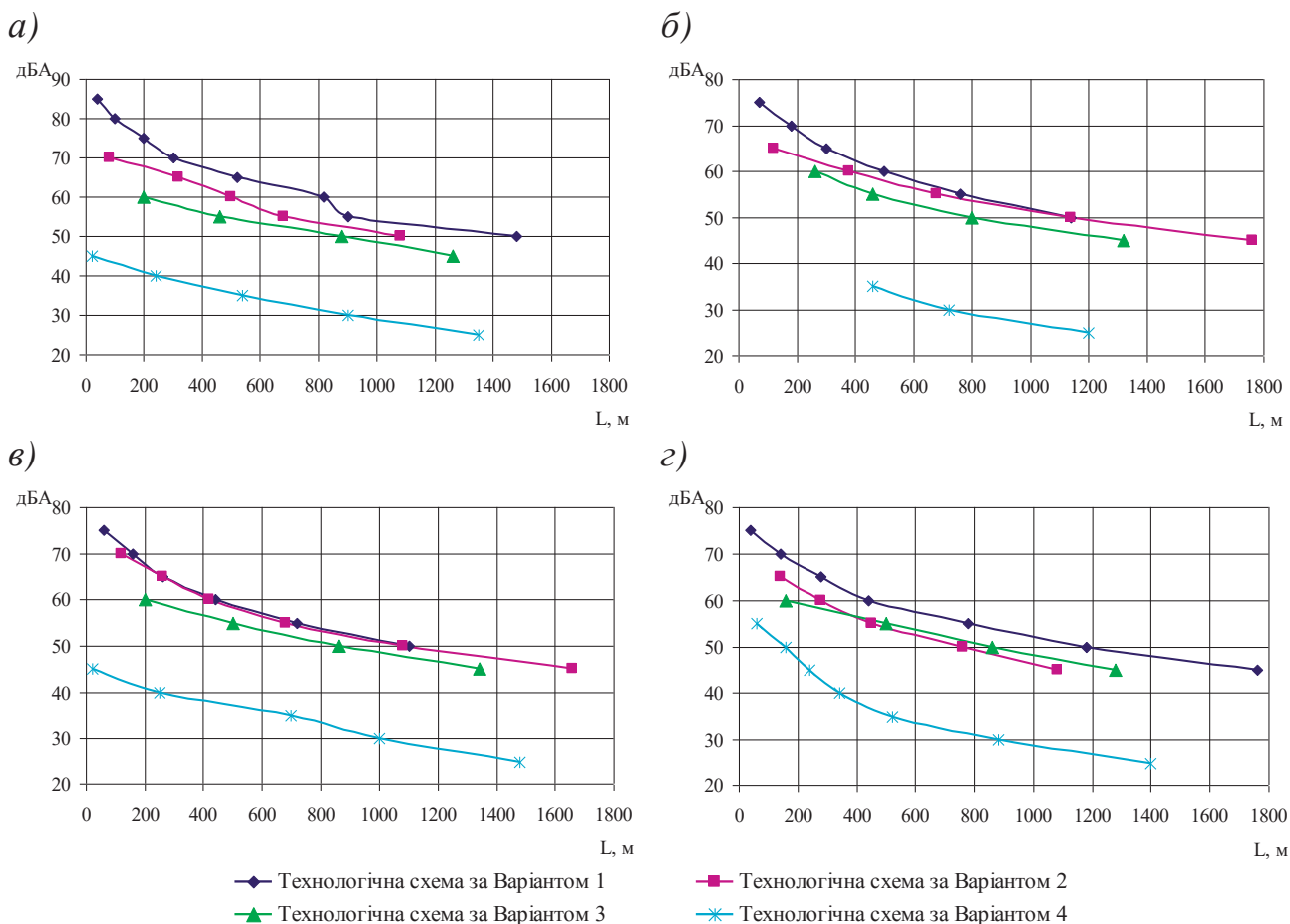


Рис. 5. Залежність розповсюдження рівня звукового тиску (шуму) від відстані: а) – 1-й тип кар'єрів; б) – 2-й тип кар'єрів; в) – 3-й тип кар'єрів; з) – 4-й тип кар'єрів

**Висновки.** Результати розрахунку максимальних концентрацій забруднюючих речовин (табл. 1) показують що перевищення по пилу для умов Чаплинського кар'єру (технологічна схема за варіантом 1) в селітебній зоні складає 1,045 ГДК, двоокису азоту – 1,7 ГДК. Перевищення ГДК на Трикратському, Одарівському та Ахтівському кар'єрах (технологічні схеми за варіантами 2, 3, 4) на межі СЗЗ й житлової зони за всіма градієнтами відсутнє.

На основі розрахунків рівня звукового тиску (шуму) на навколишнє середовище (див. рис. 5) можна стверджувати, що технологічні схеми за варіантами 1 і 2 створюють найбільше шумове навантаження. Зокрема, для технологічної схеми за варіантом 1 інтегральний показник шуму на відстані 300 м складає 69 дБ, на відстані 400 м – 66-67 дБ, на відстані 500 м 64-65 дБ. Найбільш сприятливими, з точки зору шумового навантаження, є технологічні схеми за варіантами 3, 4. Так при впровадженні технологічної схеми за варіантом 4 шумовий вплив на границі житлової забудови не перевищуватиме 40 дБ.

Результати, отримані в ході виконання досліджень впливу гірничодобувних підприємств на навколишнє середовище при розробці нерудних родовищ, дозволяють зробити висновок про доцільність впровадження на вітчизняних кар'єрах технологічних схем з переробкою корисної копалини в виробленому просторі кар'єру та доставкою готової продукції магістральним конвеєрним транспортом (варіанти 3 і 4). Застосування запропонованих технологій дозволить зменшити розміри СЗЗ до 400-500 м без спричинення на житлові і громадські забудови суттєвого негативного впливу.

#### Перелік посилань

1. Корисні копалини України [Електронний ресурс] // Вікіпедія: [Веб-сайт]. Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Корисні\\_копалини\\_України](https://uk.wikipedia.org/wiki/Корисні_копалини_України) (дата звернення 5.10.2017). – Назва з екрана.
2. Дриженко А.Ю. Відкриті гірничі роботи: підручник / А.Ю. Дриженко; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т – Д.: НГУ, 2014. – 590 с.
3. Симоненко В.І. Розробка технологічних, управлінських рішень, нормативної документації, системи екологічного моніторингу щодо природоохоронної діяльності гірничих підприємств [Текст] / Звіт про НДР (заключний) / Державний ВНЗ «НГУ». – Керівник В.І. Симоненко. – №ДР 0112U000875. – Дніпропетровськ, 2012. – 366 с.
4. Cherniaiev, O.V. (2017) "Systematization of the hard rock non-metallic mineral deposits for improvement of their mining technologies." *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu* (5): 15-25.
5. Симоненко В.І. Систематизация гранитных и каменных карьеров для исследования ресурсосберегающих технологий их разработки / В.І. Симоненко А.В. Мостыка, А.В. Черняев // Сб. научн. тр. – НГУ, №27. – Днепр-ск: – РИК НГУ, 2007. – С.47-51.
6. Симоненко В.І. Технологічні схеми відкритої розробки гранітних кар'єрів, що забезпечують безпеку території у зменшеній санітарно-захисній зоні / В.І. Симоненко, Л.С. Гриценко // Матеріали міжн. конф. 2-5 жовтня «Форум гірників – 2013»: Відкриті гірничі роботи. – Д.: Державний ВНЗ «НГУ»; 2013. – С.124-129.
7. Черняев О.В. Технологічні аспекти формування стійких приконтурних та внутрішніх відвалів при розробці нерудних родовищ / О.В. Черняев // Збірник наукових праць НГУ. – Дніпро: ДВНЗ «НГУ», 2017, – № 51. – С. 84-93.

#### ABSTRACT

**Purpose.** The main factors of negative impact on the environment in the development of nonmetallic mineral deposits are installed. The influence of opencast mining technologies on the development of solid non-metallic deposits on the environment are investigated. Ways of reducing the noise influence on objects of the environment in the territories adjacent to the mining enterprises are researched.

**The methods of research.** To obtain the results of research on the influence of mining enterprises on the environment in the development of non-metallic deposits, the following methods were used: statistical and analytical - for choosing technological schemes as the subject of further research, to study the main factors (indicators) of the negative influence of nonmetallic quarries on the environment; graphic - during the establishment of spatial distribution of harmful substances in the zone of influence of mining enterprises.

**Findings.** On the basis of the analysis work of domestic and foreign enterprises selected variants of combinations of the main production equipment (technological schemes) as a subject of further re-

search. Complex researches of negative influence of non-metallic quarries on the environment on the established factors of influence are completed. Rational technological schemes for implementation in quarries for the development of deposits of solid non-metallic minerals are defined.

**The originality.** Patterns of emission of harmful substances in the zone of influence of mining enterprises are installed.

**Practical implications.** The research was carried out in the course of carrying out the research work "Development of technological bases of ecologically safe extraction of minerals in technogenic-loaded mining regions of Ukraine". The obtained research results allow to significantly reduce the size of sanitary protection zones on non-metallic quarries.

**Keywords:** *deposits of non-metallic minerals, technological schemes, emissions of harmful substances.*

УДК 622.235:622.271

© А.А. Скачков, С.А. Жуков

## РАЗВИТИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗРУШЕНИЯ ПОРОДНОГО МАССИВА ПРИ ОБРАТНОМ ВЗРЫВАНИИ РЯДОВ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ

© A. Skachkov, S. Zhukov

## DEVELOPMENT OF MODELING FRACTURE ROCK MASSES IN REVERSE SERIES WELL BLASTING EXPLOSIVES

Исследовано взаимодействие скважинных зарядов, расположенных в приконтурной зоне взрываемого уступа. Рассмотрено формирование напряженно-деформированного состояния породного массива и обоснована целесообразность разрушения пород с изменением порядка подрывания зарядов. В нечетных рядах заряды формируются по нормальному энергонасыщению, а в четных – ниже на 30-45%. Начинается инициирование взрыва в обратном относительно традиционного порядке – с уменьшенного заряда во втором ряду, затем с задержкой ближайшего полного заряда в первом, после чего – следующая пара и т.д. Затем инициируются заряды следующих пар рядов: от уменьшенных зарядов – к полным.

Досліджено взаємодію свердловинних зарядів, розташованих в приконтурній зоні уступу, що підривається. Розглянуто формування напружено-деформованого стану породного масиву й обґрунтовано доцільність руйнування порід зі зміною порядку підривання зарядів. У непарних рядах заряди формуються за нормальним енергонасиченням, а в парних – нижче на 30-45%. Починається ініціювання вибуху в зворотному щодо традиційного порядку – зі зменшеного заряду в другому ряді, потім, із затримкою, найближчого повного заряду в першому, після чого – наступної пари і т.д. Потім ініціюються заряди наступних пар рядів: від зменшених зарядів – до повних.