

УДК 504.064:622.235

© В.Є. Колесник, А.В. Павличенко, Т.Ф. Холоденко

**КОМПЛЕКСНЕ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ
ТЕХНОЛОГІЙ БУРОПІДРИВНИХ РОБІТ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ
ЕМУЛЬСІЙНИХ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН В КАР'ЄРАХ**

© V. Kolesnik, A. Pavlychenko, T. Kholodenko

**INTEGRATED ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL HAZARD
LEVEL OF TECHNOLOGIES OF DRILLING AND BLASTING
OPERATIONS WITH USING EMULSION EXPLOSIVES IN QUARRIES**

Мета. Адаптація «уніфікованої методики кількісного і якісного оцінювання рівня екологічної небезпеки функціонування промислових підприємств, об'єктів та запроваджуваних технологій виробничого і екологічного спрямування» до технологій буропідричних робіт в кар'єрах з видобутку рудних і нерудних матеріалів із застосуванням різних видів вибухових речовин.

Методика дослідження базується на евристичному оцінюванні впливу пріоритетних техногенних чинників технологій, що використовуються за 4-бальною шкалою (0, 1, 2, 3), а потім комплексного рівня їх екологічної небезпеки – за підсумковою 15-бальною шкалою, рівномірно поділеною на три якісних рівня.

Результати дослідження. Виконана ідентифікація видів та джерел екологічної небезпеки для об'єктів навколишнього середовища (атмосфери, гідросфери, літосфери, ґрунтів і біоти) застосування емульсійних та тротилвмісних вибухових речовин при проведенні буропідричних робіт на кар'єрах. Критеріями впливовості небезпечного впливу технологічних процесів на стан перелічених об'єктів довілля вважали інтенсивність, періодичність та наслідки різних техногенних чинників, що їх супроводжують. Виявлено, що комплексний рівень екологічної небезпеки техногенних наслідків буропідричних робіт із застосуванням емульсійних вибухових речовин склав 2,33, тобто виявився «низьким». При застосуванні тротилвмісних вибухових речовин він склав 5,00, тобто опинився на межі першого і другого діапазонів, де «низький» рівень небезпеки переходить до «помірного». Це свідчить про більш високу (більшу ніж у 2 рази) екологічну ефективність застосування емульсійних вибухових речовин, порівняно із застосуванням тротилвмісних вибухових речовин.

Наукова новизна. Запропонована система ідентифікації та управління екологічними та техногенними ризиками в умовах видобутку рудних і нерудних матеріалів на кар'єрах буропідричним способом. При цьому комплексну оцінку рівня екологічної небезпеки добувних підприємств пропонується визначати як суму середніх балів оцінок (по кожному з техногенних чинників) за кількісно-якісною шкалою.

Практичне значення. Розроблена методика дозволяє з достатньою достовірністю визначити рівень екологічної небезпеки існуючих технологій буропідричних робіт та обґрунтовувати доцільність переходу на емульсійні вибухові матеріали.

Ключові слова: кар'єр, буровибухові роботи, вибухові речовини, екологічна небезпека, оцінювання, емульсійні вибухові речовини

Вступ. Гірничодобувні підприємства є джерелом постійного та багатofакторного впливу на екологічний стан територій промислових регіонів [1-5]. Екологічна безпека видобутку корисних копалин відкритим способом

багато в чому залежить від технології буропідривних робіт, які є основним способом підготовки гірської маси до видобутку і одночасно пріоритетним джерелом забруднення атмосфери [6-9]. При масових вибухах у кар'єрах, утворюються потужні пило-газові хмари, що містять значну кількість пилових частинок і газоподібних речовин, які під дією вітру поширюються на значні відстані, забруднюючи атмосферу, як на територіях, прилеглих до кар'єрів, так і на значній відстані від них [6-11].

Підвищення екологічної безпеки на територіях, прилеглих до кар'єрів, потребує регулярного оцінювання рівнів екологічної небезпеки технологій буропідривних робіт, запроваджуваних із застосуванням емульсійних вибухових речовин (ВР). При цьому накопичені певні дані про рівень впливу використання емульсійних ВР на компоненти довкілля, що вже застосовуються на ряді кар'єрів України з видобутку нерудних і будівельних матеріалів [12-15]. Проте для подальшої мінімізації згаданого впливу на основні компоненти довкілля: атмосферу, гідросферу, літосферу, ґрунти і біоту та в цілому на довкілля важливо виконати комплексну оцінку рівня екологічної небезпеки, яка обумовлюється сумарним впливом різних чинників, притаманних технологіям буропідривних робіт із застосуванням емульсійних ВР. При цьому до пріоритетних слід включити чинники буропідривної технології, які безпосередньо впливають на перелічені вище компоненти довкілля [15, 16]. До них варто включити такі, що пов'язані, наприклад, з обводненням масиву гірських порід [17], способами та параметрами буріння свердловин, технологіями їх зарядки компонентами ВР, рецептурним склад ВР, способами ініціювання зарядів, кліматичними умови тощо, а також інші додаткові чинники опосередкованої або неявної дії, які ще належить виявити при обстеженні умов застосування емульсійних ВР [16-19].

Стан питання. Критеріями впливовості того чи іншого чинника на стан окремих компонентів довкілля можуть виступати певні техногенні наслідки, оцінені з урахуванням їх інтенсивності і періодичності впливу [20-26]. Для комплексного оцінювання рівня екологічної небезпеки промислових об'єктів та технологій виробничого й екологічного спрямування рекомендується визначати рівень впливовості окремих техногенних чинників в балах на основі результатів аналізу наукових (літературних) джерел щодо стану об'єктів довкілля, візуальних спостережень за ними, вимірів показників, що характеризують їх стан (за допомогою приладів і лабораторних аналізів), досліджень об'єктів на моделях тощо, тобто використовується евристичний чи експертний підхід [27].

Метою проведення досліджень є адаптація методики до запроваджуваних технологій буро-підривних робіт із застосуванням емульсійних ВР, оскільки знання кількісного і якісного рівня екологічної небезпеки для довкілля необхідне для подальшого визначення екологічної доцільності використання природоохоронних технологій.

Основні результати. Для вирішення поставленої задачі спочатку поетапно наведемо і пояснимо основні положення методики з урахуванням специфіки технології буропідривних робіт із застосуванням емульсійних ВР в умовах кар'єрів з видобутку нерудних матеріалів.

Етап 1. Проводиться обстеження кар'єру, та визначаються чи уточнюються пріоритетні чинники, обумовлені технологією буропідливних робіт із застосуванням емульсійних ВР. Ці чинники визначають стан компонентів довкілля навколо кар'єра, а за їх впливом у подальшому визначатиметься комплексний рівень їх екологічної небезпеки.

Пріоритетні чинники обираємо за інтенсивністю впливу на довкілля на основі отриманих апріорі дослідних даних, даних статистичних чи технічних звітів про обсяги викидів та скидів забруднюючих речовин після проведення буропідливних робіт із застосуванням різних емульсійних ВР в кар'єрах, обсяги утворення та утилізації відходів, інформації про рекультивацію порушених земель та про ефективність природоохоронних заходів, що застосовуються.

Обрані пріоритетні чинники, загальна кількість яких може дорівнювати n , занесемо у типову таблицю уніфікованої методики [27] (табл. 1, стовбець 2), подану у вигляді типової форми, подальше заповнення якої передбачено згідно з наступними етапами методики.

Таблиця 1

Типова форма кількісної оцінки рівня екологічної небезпеки запроваджуваних технологій для основних компонентів довкілля та довкілля в цілому

№	Техногенні наслідки функціонування промислового об'єкта чи технології, як чинники негативного впливу на довкілля	Оцінка екологічного впливу чинників на основні компоненти довкілля, в балах – A_{ni}					Сумарні оцінки за окремими чинниками впливу
		Атмосфера	Гідросфера	Літосфера	Ґрунти	Біота	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Назва чинника 1	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}	A_{15}	$\sum_1^5 A_{1i}$
2	Назва чинника 2	A_{21}	A_{22}	A_{23}	A_{24}	A_{25}	$\sum_1^5 A_{2i}$
...
n	Назва чинника n	A_{n1}	A_{n2}	A_{n3}	A_{n4}	A_{n5}	$\sum_1^5 A_{ni}$
I	Сумарні бали за всіма чинниками впливу (суми значень стовбців 3-8)	$\sum_1^n A_{n1}$	$\sum_1^n A_{n2}$	$\sum_1^n A_{n3}$	$\sum_1^n A_{n4}$	$\sum_1^n A_{n5}$	$\sum_1^n \sum_1^5 A_{ni}$
II	Середні бали (середні значення стовбців 3-8)	\bar{A}_{n1}	\bar{A}_{n2}	\bar{A}_{n3}	\bar{A}_{n4}	\bar{A}_{n5}	КРЕН
III	Загальний стан компонентів довкілля в регіоні (евристичні або експертні оцінки) *	A_{e1}	A_{e2}	A_{e3}	A_{e4}	A_{e5}	$\sum_1^5 A_{ei}$

Примітка. *Загальний стан компонентів довкілля в регіоні A_{ei} , отриманий на основі евристичного або експертного оцінювання, що наводиться в рядку III, слугує орієнтиром для розрахованих середніх \bar{A}_{n1} , а сума $\sum_1^5 A_{ei}$ є мірою достовірності розрахункової величини КРЕН (комплексний рівень екологічної небезпеки)

Етап 2. Проводиться оцінювання екологічного впливу кожного n -го чинника на кожний i -ий компонент довкілля ($i=5$) в балах – A_{ni} за 4-бальною шкалою:

0 – вплив відсутній, тобто суб'єктивно не відчутний і відповідає існуючим нормам, встановленим для певного з компонентів довкілля;

1 – мінімальний або опосередкований вплив, рівень якого наближений до граничних нормативних значень, але їх не перевищує (опосередкований вплив проявляються не прямо, а через інші показники);

2 – періодичний безпосередній або опосередкований вплив, тобто прямі і не прямі показники перевищують встановлені норми у певному відсотку випадків;

3 – безперервний безпосередній вплив, тобто спостерігається постійне перевищення нормативних показників.

Зауважимо, що при проведенні буропідричних робіт найбільший рівень впливу очевидно може бути оцінений переважно, як 2, оскільки масові вибухи в кар'єрах проводяться періодично. Так в кар'єрах з видобутку будівельних матеріалів, наприклад в Житомирській області, щорічно проводиться 36 масових вибухів, тобто 1 вибух на 10 діб. Отже періодичні вибухи практично не можуть чинити безперервний безпосередній вплив високого рівня, який вимагає оцінки 3.

Значення A_{ni} заносимо у відповідні клітини табл. 1, що розташовані на перехрестях рядків від 1 до n -го та стовпців 3-7).

Оцінки, що перевищують 0 балів свідчать про впливовість того чи іншого обраного для аналізу чинника, тобто дозволяють залишити певний чинник для подальшого комплексного оцінювання рівня екологічної небезпеки досліджуваної технології. Якщо для певного n -го чинника буде виставлено п'ять нулів, то очевидно чинник слід виключити, як не впливовий.

Етап 3. Виконується аналітична обробка виставлених оцінок A_{ni} шляхом обчислення сум відповідних стовпчиків, позначених у рядку I, та середніх балів

$$\bar{A}_{ni} \text{ у рядку II: } \bar{A}_{n1} = \frac{1}{n} \sum_1^n A_{n1}; \bar{A}_{n2} = \frac{1}{n} \sum_1^n A_{n2}; \bar{A}_{n3} = \frac{1}{n} \sum_1^n A_{n3}; \bar{A}_{n4} = \frac{1}{n} \sum_1^n A_{n4}; \bar{A}_{n5} = \frac{1}{n} \sum_1^n A_{n5},$$

що фактично визначають вплив всіх обраних пріоритетних чинників на частинний рівень екологічної небезпеки (ЧРЕН), тобто відповідно на атмосферу, гідросферу, літосферу, ґрунти і біоту за шкалою 0, 1, 2, 3.

Остання середня, що дорівнює $\frac{1}{n} \sum_1^n \sum_1^5 A_{ni}$ характеризує комплексний рівень екологічної небезпеки досліджуваної технології для довкілля за кумулятивною шкалою 0-15, що визначається сумациєю частинних рівнів екологічної небезпеки (ЧРЕН), тобто сумациєю величин \bar{A}_{ni} . (Величина КРЕН визначається як сумою рядка II, так і стовпчика 8, збіг значень яких підтвердить правильність виконання розрахунків).

Етап 4. За визначеним на етапі 3 кількісним рівнем екологічної небезпеки, тобто за величиною КРЕН, визначають якісний рівень екологічної небезпеки, залежно від її значення, як показано в табл. 2.

Таблиця 2

Кількісно-якісна шкала оцінки комплексного рівня екологічної небезпеки (КРЕН) технологій та/або промислових об'єктів

Діапазон комплексних оцінок (КРЕН)	Рівень небезпеки
0-5	низький
5-10	помірний
10-15	високий

Таблиця 3

Комплексна кількісна оцінки рівня екологічної небезпеки для довкілля технології буропідричних робіт із застосуванням емульсійних ВР

№	Техногенні наслідки технології, як чинники негативного впливу на довкілля	Оцінка екологічного впливу чинників на основні компоненти довкілля, в балах – A_{mi}					Сумарні оцінки за окремими чинниками впливу
		Атмосфера	Гідросфера	Літосфера	Ґрунти	Біота	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Утворення токсичних газів в результаті хімічного перетворення компонентів ВР	2	0	0	0	1	3
2	Утворення пилу з підірваної гірничої маси	2	1	0	2	2	7
3	Утворення диспергованих в повітрі частинок в результаті хімічного перетворення компонентів ВР	1	0	0	0	1	2
4	Міграція викидів оксиду вуглецю	1	0	0	0	0	1
5	Міграція викидів двооксиду азоту	1	0	0	0	0	1
6	Забруднення прилеглих до СЗЗ кар'єрів територій пилом підірваної гірничої маси	0	1	0	1	1	3
7	Небезпека при транспортуванні до місця проведення підричних робіт	0	0	0	0	1	1
8	Небезпека при заряджанні ВР у сухі свердловини	0	0	0	0	1	1
9	Небезпека при заряджанні ВР в обводнені свердловини	0	1	0	0	0	1
I	Сумарні бали за всіма чинниками впливу (суми значень стовбців 3-8)	7	3	1	3	7	21
II	Середні бали (середні значення стовбців 3-8)	0,78	0,33	0,11	0,33	0,78	2,33
III	Загальний стан компонентів довкілля в районах розташування кар'єрів	1	0	0	1	1	3

Як бачимо, комплексний рівень екологічної небезпеки КРЕН склав 2,33.

Для порівняння аналогічна таблиця побудована для умов застосуванням ВР, що містять тротил (табл. 4).

Таблиця 4

Порівняльна кількісна оцінки рівня екологічної небезпеки для довкілля технології буропідричних робіт із застосуванням ВР, що містять тротил

№	Техногенні наслідки технології, як чинники негативного впливу на довкілля	Оцінка екологічного впливу чинників на основні компоненти довкілля, в балах – $A_{ли}$					Сумарні оцінки за окремими чинникам и впливу
		Атмосфера	Гідросфера	Літосфера	Ґрунти	Біота	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Утворення токсичних газів в результаті хімічного перетворення компонентів ВР	2	0	0	0	2	4
2	Утворення пилу з підірваної гірничої маси	2	2	0	2	2	8
3	Утворення диспергованих в повітрі частинок в результаті хімічного перетворення компонентів ВР	1	1	0	1	0	3
4	Міграція викидів оксиду вуглецю	2	0	0	0	2	4
5	Міграція викидів двооксиду азоту	2	1	0	1	2	6
6	Забруднення прилеглих до СЗЗ кар'єрів територій пилом підірваної гірничої маси	0	2	2	2	2	8
7	Небезпека при транспортуванні до місця проведення підричних робіт	2	0	0	0	2	4
8	Небезпека при заряджанні ВР у сухі свердловини	1	0	0	0	2	3
9	Небезпека при заряджанні ВР в обводнені свердловини	1	1	0	0	2	4
I	Сумарні бали за всіма чинниками впливу (суми значень стовбців 3-8)	14	7	2	6	16	45
II	Середні бали (середні значення стовбців 3-8)	1,56	0,77	0,22	0,67	1,78	5,00
III	Загальний стан компонентів довкілля в районах розташування кар'єрів	2	1	0	1	2	5

Етап 4. Для графічного відображення результатів запропонованого оцінювання екологічного впливу техногенних чинників промислових об'єктів чи технологій на компоненти довкілля рекомендовано побудувати графік у вигляді діаграми Парето, який буде наведено за конкретними результатами (рис.).

Тепер, виклавши основні положення уніфікованої методики та умови її адаптації, наведемо отримані з її використанням результати комплексного оцінювання рівня екологічної небезпеки для довкілля буропідливних робіт із використанням, як емульсійних ВР, так і тротилвмісних ВР, що дозволяє проводити порівняльний аналіз їх екологічної небезпеки.

Обстеження кар'єру, та визначення пріоритетних чинників згідно з етапом 1 методики проводилися під час екологічного моніторингу в умовах кар'єрів з видобутку нерудних і будівельних матеріалів, де проводилися буропідливні роботи із застосуванням ЕВР, а також бралися до уваги апріорні дані, отримані при застосуванні тротилвмісних ВР.

Після пробного оцінювання за трибальною шкалою ряду впливових чинників, що проявляються при буропідливних роботах в умовах указаних кар'єрів після масового вибуху, для подальшого аналізу обрано 9 пріоритетних, які і занесені у табл. 3, рекомендованої типової форми.

У цьому випадку комплексний рівень екологічної небезпеки КРЕН = 5,00.

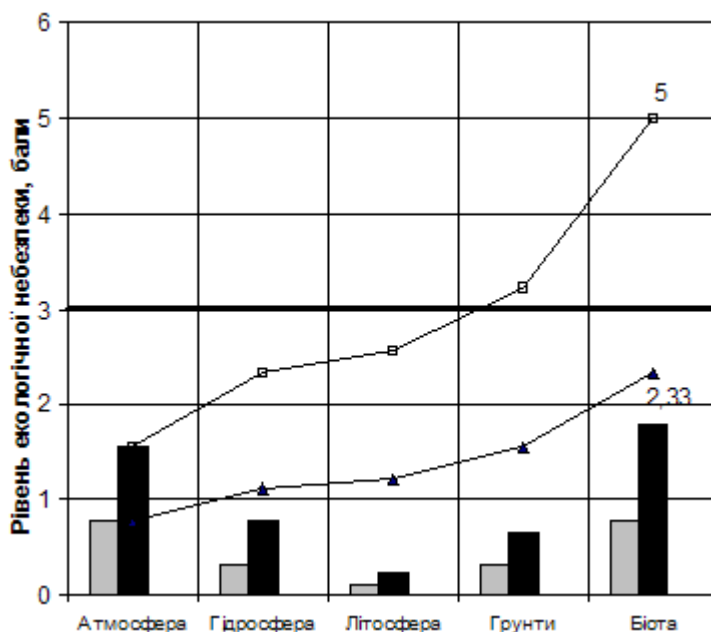


Рис. Комплексні рівні екологічної небезпеки техногенних наслідків буропідливних робіт із застосування емульсійних ВР (стовпчаста діаграма сірого тону за шкалою 0-3 бали та відповідна кумулятивна діаграма з відрізків ліній, що утворюються почерговим складанням висот стовпчиків, за загальною шкалою від 0 до максимально можливої величини 15 балів з точками у вигляді трикутників) та при застосування тротилвмісних ВР (чорні стовпчики та кумулятивна діаграма, позначена точками у вигляді прямокутників)

Далі за отриманими величинами КРЕН, визначався кількісно-якісний рівень екологічної безпеки буропідливних робіт у двох проаналізованих випадках, залежно від її значення згідно з табл. 2. В результаті, комплексний рівень екологічної безпеки для доквілля технології буропідливних робіт із застосуванням емульсійних ВР потрапив у середину діапазону 0-5 (КРЕН = 2,33), тобто виявився «низьким».

У разі застосування тротилвмісних ВР комплексний рівень екологічної безпеки опинився на межі першого і другого діапазонів (КРЕН = 5,00), де «низький» рівень безпеки переходить до «помірного»

Для графічного відображення результатів запропонованого оцінювання екологічного впливу техногенних чинників промислових об'єктів чи технологій на компоненти доквілля побудовано діаграму Парето [<http://six sigma online>] (див. рис.).

Останні точки кумулятивних діаграм на рис. 1 наглядно визначають відповідні комплексні рівні екологічної безпеки буропідливних робіт для доквілля у випадку застосування емульсійних ВР (КРЕН=2,33) та тротилвмісних ВР (КРЕН = 5,00).

Висновки. Виконана адаптація «Уніфікованої методики кількісного і якісного оцінювання рівня екологічної безпеки функціонування промислових підприємств, об'єктів та запроваджуваних технологій виробничого і екологічного спрямування» [27] для запроваджуваних технологій буропідливних робіт в кар'єрах із застосуванням емульсійних ВР. Методика базується на евристичному оцінюванні впливу пріоритетних техногенних чинників запроваджуваних технологій за 4-бальною шкалою (0, 1, 2, 3), а потім комплексного рівня їх екологічної безпеки – за підсумковою 15-бальною шкалою, рівномірно поділеною на три якісних рівня.

Комплексний рівень екологічної безпеки буропідливних робіт із застосування емульсійних ВР за техногенними наслідками для доквілля виявився «низьким» з сумарною оцінкою 2,33 за шкалою 0-15 балів, що більш ніж у 2 рази нижчий, порівняно із застосуванням тротилвмісних ВР. Це свідчить про більш високу екологічну ефективність застосування емульсійних ВР в умовах кар'єрів з видобутку рудних і нерудних матеріалів.

Перелік посилань

1. Khomenko, O., Kononenko, M., & Myronova, I. (2017). Ecological and technological aspects of iron-ore underground mining. *Mining of Mineral Deposits*, 11(2),59-67. <https://doi.org/10.15407/mining11.02.059>
2. Khomenko, O., Kononenko, M., Myronova, I., & Sudakov, A. (2018). Increasing ecological safety during underground mining of iron-ore deposits. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (2), 29-38. <http://doi.org/10.29202/nvngu/2018-2/3>
3. Бучавий, Ю.В., Павличенко, А.В., & Семеріч, К.В. (2013). Алгоритм багатофакторного моделювання процесів забруднення атмосферного повітря на гірничо-збагачувальних комбінатах. *Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр.* 111. 12-22.
4. Дриженко А.Ю., Шустов, А.А., Адамчук, А.А., Никифорова, Н.А. (2017). Совершенствование технологии открытой разработки железорудных карьеров Украины при

- их углубке. *Зб. наук праць НГУ*, 52, 79-86.
5. Dryzhenko, A., Shustov, O., & Adamchuk, A. (2016). Prospects for future mining of steep iron-ore deposits in the context of Kryvbas. *Metallurgical and mining industry*, (10), 46-52.
 6. Зберовский, А.В. (1997). Охрана атмосферы в экосистеме «карьер-окружающая среда-человек». РИО АП ДКТ, 136.
 7. Юрченко, А.А. (2010). Физические процессы выброса пылегазового облака при массовых взрывах в карьерах. *Науковий вісник НГУ*, 2, 85-88.
 8. Mironova, I., & Borysovs'ka, O. (2014). Defining the parameters of the atmospheric air for iron ore mines. *Progressive Technologies Of Coal, Coalbed Methane, And Ores Mining*, 333-339. <https://doi.org/10.1201/b17547-57>
 9. Khomenko, O., Kononenko, M., & Myronova, I. (2013). Blasting works technology to decrease an emission of harmful matters into the mine atmosphere. *Mining Of Mineral Deposits*, 231-235. <https://doi.org/10.1201/b16354-43>
 10. Долгова, Т.И., Юрченко, А.А., Павличенко, А.В. (2014). Исследование влияния параметров скважинных зарядов на экологическую безопасность массовых взрывов в карьерах. *Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць*, 118, 212-221.
 11. Козловская, Т.Ф., & Чеченко, В.Н. (2010). Пути снижения уровня экологической опасности в районах добычи полезных ископаемых открытым способом. *Вісник КНУ імені Михайла Остроградського*, 6. Ч.1, 163-168.
 12. Холоденко, Т.Ф. Колесник, В.Е., Павличенко, А.В. (2016). Влияние «внутренних» (рецептурных) особенностей эмульсионных взрывчатых веществ на эмиссию загрязняющих веществ в продуктах взрыва в атмосферу. *Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць*, 131, 121-132.
 13. Хоменко, О.Е., Кононенко, М.Н., Миронова, И.Г., & Юрченко, К.О. (2017). Пути снижения техногенной нагрузки на горнодобывающие регионы Украины. *Збірник наукових праць НГУ*, (51), 77-83.
 14. Kholodenko, T., Ustimenko, Ye., Pidkamenna, L., & Pavlychenko, A. (2015). Technical, economic and environmental aspects of the use of emulsion explosives by ERA brand in underground and surface mining, *New Developments in Mining Engineering: Theoretical and Practical Solutions of Mineral Resources Mining*, CRC Press/Balkema, Netherlands, 211–219.
 15. Kholodenko, T., Ustimenko, Ye., Pidkamenna, L. & Pavlychenko A. (2014). Ecological safety of emulsion explosives use at mining enterprises. *Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining. The Netherlands : CRC Press / Balkema*, 255-260
 16. Колесник, В.Е., Бучавый, Ю.В. & Юрченко, А.А. (2011). Методы оценки экологической опасности выбросов пыли при массовых взрывах в железорудных карьерах. *Науковий вісник НГУ*, 5, 113-120.
 17. Тимошук, В.І., Тішков, В.В., Шустов, О.О., & Нікіфорова, Н.А. (2011). Моделювання геофільтраційних процесів при відпрацюванні обводненого родовища відкритим способом. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*, (36(2)), 19-27.
 18. 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.
 19. Симоненко, В.І., Черняєв, О.В., & Гриценко, Л.С. та ін. (2011). Экологически безопасные и энергосберегающие технологии разработки нерудных полезных ископаемых. *Экология и промышленность*. (3), 46-53.
 20. Харламова, Е. В., Малеваный, М.С., & Пляцук, Л.Д. (2012). Теоретические основы управления экологической безопасностью техногенно нагруженного региона. *Екологічна безпека*, 1 (13), 9-12.
 21. Шмандій, В.М., & Харламова, О. В. (2013). Теоретичні та практичні аспекти управління екологічною безпекою на основі антропоцентричного підходу. *Вісник ХНУ ім. В.Н.*

Каразіна: серія «Екологія». 9, 24-30.

22. Вамболь, С.А., Колосков, В.Ю., & Деркач Ю.Ф. (2017). Оцінювання екологічного стану територій, прилеглих до місць зберігання відходів, на основі критерію екологічного резерву. *Техногенно-екологічна безпека*, 2, 67–72.
23. Vambol, V., & Rashkevich, N. (2017). Analysis of methods of identification of ecologically danger substances in atmospheric air. *Техногенно-екологічна безпека*, 2, 73–78.
24. Вамболь, С.А., Колосков, В.Ю. & Деркач, Ю. Ф. (2017). Оцінювання екологічного стану територій, прилеглих до місць зберігання відходів, на основі критерію екологічного резерву. *Техногенно-екологічна безпека*, 2, 67–72.
25. Бугаєва, Л. М., Османов, М. М. & Статюха Г. О. (2010). Використання методів системної динаміки для дослідження сталого розвитку регіонів України. *Восточно-Европейский журн. передовых технологий*. 10, 22-25
26. Белогуров, В. П. (2014). Разработка методологии интегрального оценивания экологического состояния территорий. *Східно-Європейський журн. передових технологій*. 5, 51-56. <http://doi:10.15587/1729-4061.2014.28173>.
27. Колесник В.Е., Павличенко, А.В., & Бучавий, Ю.В. (2018). Уніфікована методика комплексного оцінювання рівня екологічної небезпеки промислових об'єктів та ефективності впровадження природоохоронних технологій. *Техногенно-екологічна безпека*, 3, 64-69. <http://doi.org/10.5281/zenodo.1182847>

АННОТАЦИЯ

Цель. Адаптация «унифицированной методики количественного и качественного оценивания уровня экологической опасности функционирования промышленных предприятий, объектов и внедряемых технологий производственного и экологического направления» к технологии буровзрывных работ в карьерах по добыче рудных и нерудных материалов с применением различных видов взрывчатых веществ.

Методика исследований базируется на эвристической оценке влияния приоритетных техногенных факторов используемых технологий по 4-балльной шкале (0, 1, 2, 3), а потом комплексного уровня их экологической опасности – по итоговой 15-балльной шкале, равномерно разделенной на три качественных уровня.

Результаты исследований. Выполнена идентификация видов и источников экологической опасности для объектов окружающей среды (атмосферы, гидросферы, литосферы, почв и биоты) применения эмульсионных и тротилсодержащих взрывчатых веществ при проведении буровзрывных работ на карьерах. Критериями значимости опасного воздействия технологических процессов на состояние перечисленных объектов окружающей среды считали интенсивность, периодичность и последствия различных техногенных факторов, сопровождающих их. Выявлено, что комплексный уровень экологической опасности техногенных последствий буровзрывных работ с применением эмульсионных взрывчатых веществ составил 2,33, то есть оказался «низким». При применении тротилсодержащих взрывчатых веществ он составил 5,00, то есть оказался на грани первого и второго диапазонов, где «низкий» уровень опасности переходит к «умеренному». Это свидетельствует о более высокой (более чем в 2 раза) экологической эффективности применения эмульсионных взрывчатых веществ по сравнению с применением тротилсодержащих взрывчатых веществ.

Научная новизна. Предложена система идентификации и управления экологическими и техногенными рисками в условиях добычи рудных и нерудных материалов на карьерах буровзрывным способом. При этом комплексную оценку уровня экологической опасности добывающих предприятий предлагается определять как сумму средних баллов оценок (по каждому из техногенных факторов) по количественно-качественной шкале.

Практическое значение. Разработанная методика позволяет с достаточной достоверностью определить уровень экологической опасности существующих технологий буровзрывных работ и обосновывать целесообразность перехода на эмульсионные взрывчатые материалы.

Ключевые слова: карьер, буровзрывные работы, взрывчатые вещества, экологическая опасность, оценка, эмульсионные взрывчатые вещества

ABSTRACT

Purpose. Adaptation of the “unified method of quantitative and qualitative assessment of the level of environmental hazard of the operation of industrial enterprises, facilities and introduced technologies in the field of production and ecology” to the technologies of drilling and blasting operations in quarries for extraction of ore and nonmetallic materials with the use of various types of explosives.

The methods. They are based on a heuristic evaluation of the impact of priority man-made factors of the technologies used according to the 4-point scale (0, 1, 2, 3), and then – of the complex level of their environmental hazard – according to the total 15-point scale, evenly divided into three qualitative levels.

Findings. The identification of types and sources of environmental hazard for natural environments (atmosphere, hydrosphere, lithosphere, soils and biota) was performed when using emulsion and TNT-containing explosives during drilling and blasting operations in quarries. The intensity, periodicity and consequences of various accompanying man-made factors were taken as the criteria of influence of dangerous impact of technological processes on the condition of the above natural environments. It was found that the integrated level of the environmental hazard of man-made impacts of drilling and blasting operations using emulsion explosives was 2.33, in other words, it was “low”. When using TNT-containing explosives it was 5.00, i.e. appeared on the boundary of the first and the second ranges, where the “low” hazard level changes to “moderate”. This is an evidence of a higher (more than 2 times) environmental efficiency of using emulsion explosives compared to the use of TNT-containing explosives.

The originality. The system of identification and management of environmental and technology-related risks under conditions of extraction of ore and nonmetallic materials in quarries by the drill and blast method was proposed, whereupon an integrated assessment of the level of environmental hazard of mining enterprises is proposed to be defined as a sum of average grade points (for each of the man-made factors) according to quantitative-qualitative scale.

Practical implications. The developed methods allow determining with a sufficient degree of reliability the level of environmental hazard of existing technologies of drilling and blasting operations and substantiating expediency of change-over to emulsion explosive materials.

Keywords: quarry, drilling and blasting operations, explosive materials, environmental hazard, assessment, emulsion explosives