

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МЕДИЧНИХ НАУК
УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ МІЖНАРОДНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ДУ «ІНСТИТУТ МЕДИЦИНИ ПРАЦІ
ІМЕНІ Ю. І. КУНДІЄВА НАМН УКРАЇНИ»
АСОЦІАЦІЯ АРАБСЬКИХ ЛІКАРІВ В УКРАЇНІ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ СТРАДІНЯ (ЛАТВІЯ)
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ СВ. ЦАРИЦІ ТАМАРИ (ГРУЗІЯ)
ПОЗНАНСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ А. МІЦКЕВИЧА
(ПОЛЬЩА)
UKRAINIAN CHAMBER (США)**

**МАТЕРІАЛИ
І ВСЕСВІТНЬОГО КОНГРЕСУ З БІОЕТИКИ**

30 вересня 2025 року

Київ – 2025

Adaptability of plants as a basis component of a new wave of the “Green revolution”. *Biological Systems, Biodiversity, and Stability of Plant Communities*, 3–17.

8. Paganová, V., & Vyhnáliková, M. (2018). Pruning urban trees-type and quality according to Arborist Union Standards. *Plants in Urban areas and landscape*. P. 29–34. <https://doi.org/10.15414/PUAL/2018.29-34-36>.

9. Kosenko, I.S., Hrabovyi, V.M., Opalko, O.A., Muzyka, H.I. & Opalko, A.I. (2020). Current trends in Green Urbanism and peculiarities of multifunctional complexes, hotels and offices greening. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(1), 226–236. https://doi.org/10.15421/2020_36.

10. Pataki, D. E., Santana, C. G., Hinnert, S. J., Felson, A. J., & Engebretson, J. (2021). Ethical considerations of urban ecological design and planning experiments. *Plants, People, Planet*, 3(6), 737–746. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10204>.

Орехова О. В.¹, Павліченко О. Ф.², Харламова А. В.³

¹д.мед.н., с.н.с., т.в.о. директора; ²к.мед.н., пров.н.с.; ³к.біол.н., пров.н.с.; Відокремлений підрозділ «Науково-практичний медичний центр професійного здоров'я Національного університету охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика»; м. Київ, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН НОВОГО ПОКОЛІННЯ

Актуальність проблеми. Технологічне втручання людини у довкілля ставить питання відповідальності за його наслідки для навколишнього середовища та здоров'я людей. Особливо гостро ці питання постають у великих гірничопромислових регіонах, зокрема Криворізькому залізорудному басейні, де поєднання буропідричних робіт, інтенсивної логістики та ризиків поствидобувних етапів формує комплексний антропогенний тиск на довкілля.

Мета: провести порівняльне дослідження впливу промислових емульсійних вибухових речовин (ЕВР) та

традиційних промислових вибухових сумішей – тротиловмісних та ANFO-сумішей (аміачна селітра/дизельне паливо) – на стан атмосферного повітря та водних систем у гірничодобувних регіонах (на прикладі Криворізького залізорудного басейну).

Обговорення. Донедавна при проведенні вибухових робіт у кар'єрах України використовували тротилові вибухові речовини (ВР), які представляють потенційну небезпеку при виготовленні, транспортуванні, зберіганні та застосуванні. За токсикологічними даними тротил (CAS 118-96-7) є високонебезпечною речовиною з вираженою шкірно-резорбтивною та гепатотропною дією; для працюючих описані дерматити, токсичні гепатити, гемолітична анемія та метгемоглобінемія, а також ураження очей (катаракта) [1].

Під час масових вибухів у кар'єрах із застосуванням тротиловмісних зарядів та ANFO формуються значні обсяги токсичних газових та аерозольних продуктів детонації – насамперед оксидів азоту (NO_x), чадного газу (CO) та ультрадисперсного сажистого аерозолі. Додатково зростає ризик нітратно-амонійного забруднення водоносних горизонтів у разі контакту зарядів із водою у водонасичених («мокрих») шпурах: частина несенсибілізованої амоній-нітратної матриці може вилугуватися та мігрувати в тріщинуваті зони масиву, техногенні пошкоджені й відвальні маси; масштаб виниклого забруднення визначають гідрогеологічні параметри та метеорологічні умови [2].

З огляду на наведені дані, у Криворізькому залізорудному регіоні питання якості довкілля постає особливо гостро. Так, у межах міста протягом 2024 року виконано 188 масованих промислових вибухів, використано близько 49,4 тис. т вибухових речовин; підірвано 45,7 млн m^3 гірничої маси; орієнтовні викиди продуктів підривів становили близько 1,5 тис. т [3].

«Нове покоління» вибухових технологій – промислові ЕВР, електронні детонатори та захисні інженерні заходи (обсадження «мокрих» шпурів, тампонування/пакування, герметизація устя, набійка, роздільне заряджання з інертними прошарками) – дає змогу істотно зменшити екологічні навантаження, зокрема викиди NO_x/CO , ризики нітратного вимивання та

пилогазоутворення. ЕВР отримують шляхом фізичної або хімічної сенсibilізації «матриці ЕВР», яка являє собою емульсію «вода в олії», що містить аміачну селітру, воду, олії та поверхнево-активну речовину.

Ключовими перевагами використання промислових ЕВР у відкритих гірничих розробках є: підвищена логістична безпека за рахунок невибухової матриці до сенсibilізації та вищої стійкості до ударно-термінових впливів; керована детонаційна енергетика через регулювання щільності та кисневого балансу; висока водостійкість і стабільність у водонасичених умовах; повна механізація приготування та помпового заряджання із застосуванням змішувально-зарядних машин, що мінімізує контакт працівників з ВР та їх складовими; технологічна адаптивність рецептур під геомеханічні параметри масиву.

Екологічні ефекти включають зменшення частоти та інтенсивності післявибухових газів (NO_x , CO), зниження ризиків нітратного навантаження за умов використання інженерних захисних засобів у «мокрих» шпурах і зменшення утворення токсичних дисперсних частинок. Все це знижує антропогенний тиск на атмосферне повітря й водні системи та забезпечує рівень екологічної та виробничої безпеки [4–5].

Для запобігання ризиків забруднення дренажних та підземних вод з технологічного боку слід віддавати перевагу водостійким ЕВР, обов'язково використовувати водоізоляційні бар'єри у водонасичених шпурах, мінімізувати перезарядження та запровадити контроль і оперативне вилучення залишків ВР та їх складових, дотримувати технологічних регламентів їх виготовлення.

Для зменшення аерогенного навантаження у повітрі робочої зони та в атмосфері населених місць рекомендовано реалізувати інтегровану програму пилопригнічення – вологе буріння, пінне/водяне тампонування, безперервне зрошення фронту робіт, відвалів і технологічних доріг, а також планування підривів у «погодні вікна» без температурних інверсій і сильного вітру; запровадити системний моніторинг концентрацій шкідливих речовин у повітрі робочої зони. Такий комплексний підхід

зменшує негативний вплив на водні системи без втрати виробничої ефективності.

Промислові ЕВР комерційно доступні в промислових масштабах понад 50 років та широко застосовуються в Північній і Центральній Європі для буропідричних робіт і у будівництві. У Швеції компанія LKAB Kimit забезпечує близько третини національного промислового виробництва ЕВР; у Франції, Бельгії та Великій Британії група EPC (EPC Groupe / EPC-UK) експлуатує мобільні та модульні емульсійні установки з типовою продуктивністю 8–18 т/год, а сумарний річний випуск емульсій на європейських майданчиках становить близько 19 тис. т/рік [4].

Протягом останніх десятиліть в Україні також відбувається прискорений перехід гірничодобувних підприємств на промислові ЕВР. Найбільш поширені вітчизняні марки: «Україніт», «Емоніт», «Анемікс» і «ЕРА»; ці продукти офіційно включені до переліків вибухових матеріалів, допущених до виробництва та застосування в Україні, а їх техніко-технологічні особливості описані в профільних публікаціях. За сучасними даними, сумарний обсяг післявибухових токсичних газів (у перерахунку на СО) становить: для тротиловмісних сумішей типу «Акватол Т-20Г» – орієнтовно 70–90 л/кг; для «Грамоніту 79/21» – близько 60–70 л/кг; для ANFO-сумішей – 35–40 л/кг; тоді як для ЕВР – на рівні близько 20–30 л/кг. Тобто перехід на ЕВР зменшує обсяг післявибухових газів орієнтовно в 2–4 рази разом з тротиловмісними сумішами та в 1,3–1,7 рази – відповідно з ANFO-сумішами (за умов оптимально підібраної рецептури та ініціювання) [6]. На підземних шахтах України використання ЕВР типу «Україніт» призвело до зменшення максимальної приземної концентрації СО у 5,0–5,5 рази та NO_x – у 1,2–1,3 рази, до зниження інтегрального «індексу екологічної небезпеки» [7].

В Криворізькому залізорудному регіоні ефективність ЕВР підтверджено виробничими випробуваннями: на шахті «Ювілейна» застосування «Анемікс Р» забезпечило більш рівномірне дроблення та дозволило суттєво скоротити кількість шпурів [7]; у 2024 р. ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» офіційно було застосовано ЕВР «Анемікс» на відкритих розробках. Для

порівнянні з країнами ЄС: у Польщі частка bulk-ЕВР (ЕВР навалного заряджання) у кар'єрах досягла приблизно 75 %, а в підземних роботах – близько 90 %, що відображає загальносвітовий тренд витіснення ANFO/тротилових складів [8].

Висновки. Переорієнтація гірничодобувної промисловості України на промислові ЕВР у поєднанні з електронними детонаторами та захисними інженерними заходами є науково й технологічно обґрунтованою стратегією зниження негативного впливу вибухових робіт на атмосферне повітря та водні системи при одночасному підвищенні безпеки праці й ефективності виробництва. За експертними оцінками, впровадження у м. Кривий Ріг у 2024 р. сучасних технологій вибухових робіт – зокрема неелектричних систем ініціювання та гідрозабивки з використанням гуматів і гідрогелю – дозволило запобігти викидам понад 5,8 тис. т забруднюючих речовин (NO_x , СО та дрібнодисперсного пилу) [3].

Список використаних джерел:

1. European Chemicals Agency (ECHA). 2, 4, 6-Trinitrotoluene [Електронний ресурс]. – Helsinki: European Chemicals Agency. – Режим доступу: <https://echa.europa.eu/registration-dossier/-/registered-dossier/16165/7/7/2>.

2. Biessikirski A., Bodziony P., Dworzak M. Energy Consumption and Fume Analysis: A Comparative Analysis of the Blasting Technique and Mechanical Excavation in a Polish Gypsum Open-Pit Mine // *Energies*. – 2024. – Т. 17, № 22. – 5662. – DOI: 10.3390/en17225662. – Режим доступу: <https://www.mdpi.com/1996-1073/17/22/5662>.

3. Ребрій Є. У Кривому Розі у 2024 році провели 188 масових вибухів у кар'єрах [Електронний ресурс] // Перший Криворізький. – 06.02.2025. – Режим доступу: <https://1kr.ua/ua/news-99186.html>

4. Kramarczyk B., Suda K., Kowalik P., Swiątek K., Jaszcz K., Jarosz T. Emulsion Explosives: A Tutorial Review and Highlight of Recent Progress // *Materials*. – 2022. – Т. 15, № 14. – 4952. – DOI: 10.3390/ma15144952. – Режим доступу: <https://www.mdpi.com/1996-1944/15/14/4952>.

5. Biessikirski A., Dworzak M., Pytlik M., Nachlik S. Impact of the Type of Energetic Material on the Fume Emission in Open-Pit Mining// Sustainability. – 2025. – Т. 17, № 5. – 2075. – DOI: 10.3390/su17052075. – Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/5/2075>.

6. Купрін В.П., Коваленко І.Л., Іщенко М.І. [та ін.]. Розробка і впровадження емульсійних вибухових речовин на кар'єрах України: монографія / за ред. В.П. Купріна, І.Л. Коваленка. – Дніпропетровськ: ДВНЗ «УДХТУ», 2012. – 243 с. – ISBN 978-966-8050-97-8. – Електрон. ресурс. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/316686367_Rozrobka_i_vprovadzenna_emulsijnih_vibuhovih_recovin_na_kar%27erah_Ukraini.

7. Khomenko O., Kononenko M., Myronova I., Kosenko A., Cabana E.C. Environmental assessment of the use of emulsion explosives in underground iron ore mining // Mining Machines. – 2024. – Vol. 42, Issue 1. – pp. 49–58. – DOI: 10.32056/KOMAG2024.1.4. – Режим доступу: <https://wydawnictwa.komag.eu/index.php/miningmachines/article/download/36/27/230>

8. Maranda A., Markowska D., Kukfisz B., Jakubczak W. A Comprehensive Review of the Influence of Sensitizers on the Detonation Properties of Emulsion Explosives// *Appl. Sci.* – 2025. – Вип. 15, № 5. – 2417. – DOI: 10.3390/app15052417. – Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2076-3417/15/5/2417>.

Орехова О. В.^а, Харламова А. В.^б, Павліченко О. Ф.^с, Павленко О. І.

^ад. мед. ^бд.мед.н., с.н.с., т.в.о. директора; ^вк.біол.н., пров.н.с.; ^гк.мед.н., пров.н.с.; ^дк.мед.н., пров.н.с., ст. дослідник; Відокремлений підрозділ «Науково-практичний медичний центр професійного здоров'я Національного університету охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика»; м. Київ, Україна

ВОДНА БЕЗПЕКА В УМОВАХ ТЕХНОГЕННИХ РИЗИКІВ

Актуальність проблеми. Глобальне зростання споживання й техногенне забруднення водних екосистем висувають вимоги до переосмислення підходів щодо моніторингу та управління