

УДК 504.

БОЙОВІ ВИБУХОВІ РЕЧОВИНИ ЯК ДЖЕРЕЛО ЗАБРУДНЕННЯ ТА ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОВЕДЕННЯ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ

Д.т.н., с.н.с. Чумаченко С.М.¹, Сукало М.Л. аспірант², Півень Д.А. студентка³, к.т.н., доцент Черепньов І.А.³

¹ ГО «Асоціація фахівців цивільного захисту», м. Київ,

² Національний університет харчових технологій, м. Київ,

³ Державний біотехнологічний університет, м. Харків

Розглянуто основні напрямки та негативні наслідки впливу компонентів вибухових речовин на ґрунтовий покрив та інші компоненти біосфери, а також оцінки ступеню забруднення та проведення заходів з рекультивації ґрунтового покриву

Винахід пороху, а потім і більш потужних вибухових речовин (ВР) дозволили підвищити ефективність ведення бойових дій, а також проведення будівельних, гірничих та інших робіт. Як зазначено в роботі [1]: Обсяг ринку промислових ВР, за прогнозами, досягне 10,5 млрд. доларів США до 2026 року, після зростання в середньому на 5,8% протягом 2021-2026 років. Не менш широке застосування має вибухівка і у військовій сфері. За даними американських фахівців, за останні 150 років у всьому світі були вироблені мільйони тон нітро ароматичних вибухових речовин для військової діяльності, в результаті чого завдано значної екологічної шкоди навколишньому середовищу. Тільки в США компонентами ВР було забруднено понад 1,2 мільйона тон ґрунту, в інших країнах ці показники аналогічні за масштабами [2]. Небезпечні хімічні речовини, які входять до складу ВР або утворюються в процесі вибуху, можуть потрапляти в ґрунтовий покрив різними шляхами, серед яких основними є наступні [3]:

- об'єкти з виробництва боєприпасів, наприклад, відстійники для стічних вод, фільтрувальні ями;
- пакувальні або складські приміщення;
- об'єкти з видалення та знищення відходів, наприклад, відкриті звалища, вигрібні ями, сміттєспалювальні заводи;
- артилерійські та ракетні полігони;
- зони ураження зброєю.

На думку авторів даних тез слід звернути особливу увагу до характеру забруднення ґрунту саме на полігонах, на території яких впродовж тривалого часу застосовують найрізноманітнішу зброю і широкий спектр уражаючих елементів фугасної і запальної дії. Протягом більш ніж 60 років (1941-2003) Військово-морські сили США використовували острів В'єкес (Пуерто-Ріко) для навчальних артилерійських стрільб та утилізації боєприпасів. В результаті цієї діяльності внаслідок забруднення довкілля токсичними продуктами ВР і важкими металами завдано значної екологічної шкоди ґрунтовому покриву,

грунтовим водам і морським екосистемам [4]. На рис. 1 (а, б) представлені зображення вибухів бомб і боєприпаси, що були залишені на острові В'єкес після закриття військового полігону [5]. На підставі даних, наведених в роботі [5], авторами даних тез складена діаграма представлена на рис.2. На ній представлено порівняльний розподіл ВР різного найменування, які були підірвані на острові В'єкес за період 1947-1999 років.



Рис. 1. Результати впливу: а: вибух бомби; б: боєприпаси, залишені ВМС США

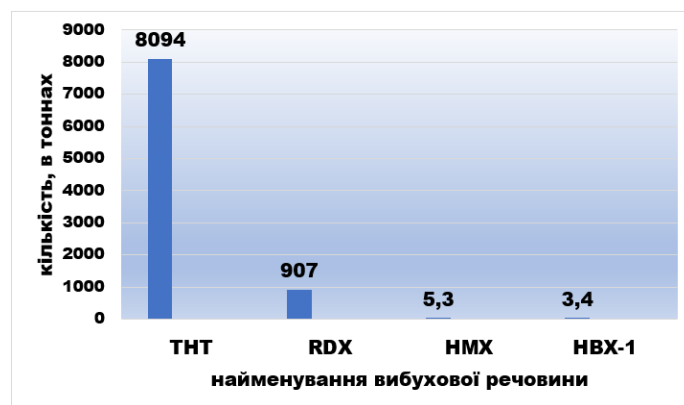


Рис. 2. Порівняльний розподіл ВР різного найменування, які були підірвані на острові В'єкес за період 1947-1999 років (TNT- тринітротолуол, RDX – гексоген, HMX – октоген, HBX-1 різновид бінарних ВР)

В результаті масового забруднення ґрунтового покриву токсичними речовинами, які входять до складу ВР, що наведені на рис. 2, а також ртуті, миш'яку, берилію, стронцію 90, збідненого урану та інших небезпечних речовин на острові В'єкес було відзначено високий рівень онкологічних захворювань в період 1992-1997 років. Ця патологія вразила жінок молодше 50 років та чоловіків (50-64) років, що може співвідноситися з експозицією протягом (1977-1984) років під час інтенсивних та тривалих вибухів боєприпасів. Основним шляхом впливу в обох випадках був пероральний прийом через листя, фрукти і злаки [5].

Як відомо, рослини є хорошими екологічними індикаторами стану ґрунту, в якому вони ростуть, та якості повітря. Стебла або стовбури рослин активно поглинають забруднюючі речовини і їх хімічний склад може бути хорошим індикатором для оцінки ураженості територій, якщо порівнювати його з фоновими значеннями, що були отримані для рослинності незабрудненої території [6]. У таблиці, складеній авторами тез на підставі даних вище цитованої

роботи, представлено середній вміст свинцю (мг/г) в рослинах, обраних в якості тест-систем, які ростуть на території колишньої військової бази підготовки Атлантичного флоту (острів В'єкес) і на материковій частині Пуерто-Ріко (заповідник Гуаніка).

Таблиця 1 - Середній вміст свинцю в рослинах острова В'єкес та заповідника Гуаніка [6].

найменування рослини	panicum maximum		calotropis procera		syringodium filiforme		sporobolus virginicus	
середній вміст свинцю мг / г	13,0	0,1	30,0	1,5	33	5,0	32	0,2

Як видно з таблиці, вміст свинцю в рослинності полігону перевищує аналогічні показники не тільки отримані при дослідженні на материку, а й існуючі в Європі рекомендації з безпеки [6]. Незважаючи на те, що в даний час тринітролуол (ТНТ) не є найпотужнішою вибухівкою, він продовжує залишатися найбільш широко використовуваною ВР військового призначення. У Канаді, Австралії, ряді країн Східної Європи, Африки та Близького Сходу існують великі території, на яких концентрація ТНТ може досягати 50 г на 1 кг ґрунту, причому найвищі рівні забруднення розташовані безпосередньо на поверхні або поблизу неї [2]. Було виявлено, що ТНТ має мутагенні властивості, є потенційним канцерогеном для людини, а також представляє серйозну загрозу для водних організмів [3]. ВР, як правило, дуже повільно розкладаються в екологічних системах, а тому необхідно використовувати спеціальні технології для прискорення цього процесу. Робота [2] надає огляд можливих методів видалення тротилу із забруднених вод та ґрунтів та, зокрема, його здатності до обробки за допомогою вдосконалених процесів окислення. Більш детально деякі технологічні прийоми щодо рекультивації ґрунтового покриву і підземних вод викладені в роботі [4]. У роботі [7] зазначено, що розробка стратегій відновлення та управління ризиками для цих забруднених ділянок, а також розробка підходів до сталого використання місць активного військового навчання та випробувань зброї вимагають розуміння того, яким чином енергетичні сполуки взаємодіють з навколишнім середовищем. Для розробки плану заходів щодо усунення наслідків забруднення ґрунтового покриву на поверхні і в ґрунті необхідно провести обстеження ураженої ділянки. Дуже часто виконання цього завдання ускладнюється значними розмірами або віддаленістю об'єкта контролю, наявністю мінних полів або нерозірваних боєприпасів або зон, в яких концентрація небезпечних речовин може створити загрозу життю фахівців, що проводять обстеження. В даному випадку доцільно використовувати методи дистанційної міліметрової радіометрії з використанням літаків або БПЛА [8] (див. рис. 3).



Рис. 3. Варіанти встановлення міліметрового радіометра та антен на борту двох надлегких літаків

Список літератури:

1. Industrial Explosives Market – Forecast (2023 - 2028). *IndustryARC*: веб-сайт. URL: <https://www.industryarc.com/Report/18222/industrial-explosives-market-research-analysis-report.html> (дата звернення: 04.11. 2023).

2. Kaidar Ayoub, Eric D van Hullebusch, Michel Cassir, Alain Bermond. Application of advanced oxidation processes for TNT removal: A review. *Journal of Hazardous Material*. 2010. Vol. 178, Issues 1–3. P 10-28. doi: 10.1016/j.jhazmat.2010.02.042.

3. Review Article. Distribution and Fate of Military Explosives and Propellants in Soil: A Review. *Applied and Environmental Soil Science*. 2012. Article ID 617236, 33 p. doi:10.1155/2012/617236.

4. Dann Block. After the Bombs: Remediation of Explosives Contaminated Ecosystems in Vieques. *Student On-Line Journal*. 2003. Vol.8, №.5. P. 1-7. URL: <https://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/60235/8.5.Block.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата звернення: 03.11. 2023).

5. Hans Sanderson, Patrik Fausera, Ricky Steven Stauber, Jesper Christensen, Per Løfstrøm, Thomas Beckera. Civilian exposure to munitions-specific carcinogens and resulting cancer risks for civilians on the Puerto Rican island of Vieques following military exercises from 1947 to 1998. *Global Security: Health, Science and Policy*. 2017. Vol. 2, № 1. P. 40–61. doi.org/10.1080/23779497.2017.1369358.

6. Arturo Massol-Deyá, Dustin Pérez, Ernie Pérez, Manuel Berrios, Elba Diaz. Trace elements analysis in forage samples from a US Navy bombing range (Vieques, Puerto Rico). *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2005. № 2(2). P. 263–266. doi: 10.3390/ijerph2005020009.

7. Judith C., Pennington James, M. Brannon. Environmental fate of explosives. *Thermochimica Acta*. 2002. Vol. 384, Issues 1–2. P. 163-172. doi: 10.1016/S0040-6031(01)00801-2

8. G. Macelloni, S. Paloscia, P. Pampaloni, E. Santi, M. Tedesco. Microwave radiometric measurements of soil moisture in Italy. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2003. №7(6). P. 937–948.