

ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ВНАСЛІДОК РАКЕТНИХ АТАК

Анотація. Робота присвячена проблемі забруднення ґрунтів важкими металами внаслідок ракетних атак на території України. Особливу увагу приділено аналізу впливу детонації ракет на хімічний склад ґрунту. Встановлено, що вибухові речовини та залишки ракет спричиняють локальне накопичення токсичних елементів, зокрема свинцю, кадмію, хрому та міді. Оцінено екологічні ризики для довкілля та наголошено на необхідності моніторингу і подальшої рекультивації забруднених територій.

Ключові слова: забруднення ґрунтів, важкі метали, ракетні атаки, екологічні ризики, міграція забруднювачів, рекультивація.

Війна, що триває на території України, супроводжується масштабними ракетними ударами, вибухами боєприпасів та детонацією снарядів, які мають значний вплив на стан навколишнього середовища, зокрема на ґрунтовий покрив. Внаслідок ракетних атак утворюються локальні вогнища забруднення, де у ґрунті фіксується підвищений вміст важких металів. Ці елементи включають свинець (Pb), кадмій (Cd), нікель (Ni), мідь (Cu), хром (Cr), цинк (Zn) та марганець (Mn), які потрапляють у ґрунт під час горіння компонентів пального, вибухових речовин та внаслідок розкладу частин ракети [1].

Унікальність воєнного забруднення полягає в його раптовості та високій локальній концентрації забруднювачів. Під час вибуху ракети або снаряда відбувається термічний розпад металевих та полімерних матеріалів, що входять до складу бойової частини, корпусу, двигуна, а також залишків пального. Це призводить до формування токсичних оксидів та металевих частинок, які осідають у поверхневому шарі ґрунту. За даними вітчизняних досліджень, найбільш забрудненими є зони в радіусі 10–20 метрів від епіцентру вибуху, де концентрації важких металів у ґрунті можуть у 5–20 разів перевищувати гранично допустимі рівні [2].

Особливу небезпеку становлять мобільні форми металів, здатні переходити в ґрунтовий розчин і бути доступними для рослин. Це створює загрозу потрапляння токсичних елементів у харчові ланцюги, що, своєю чергою, негативно впливає на здоров'я людей і тварин. Важкі метали, як відомо, накопичуються у біосистемах і мають тривалий період виведення.

Ґрунти, що зазнали вибухових навантажень, також втрачають фізичні властивості – ущільнюються, деградують, знижується їх родючість. Ураження мікробіоти та зміни в рН ґрунту ускладнюють його природне самоочищення, що значно зменшує потенціал ґрунтової біосистеми до відновлення.

Ситуація ускладнюється відсутністю налагодженого моніторингу ґрунтів після обстрілів. У багатьох випадках доступ до місць влучання ракет обмежений через мінну небезпеку або інтенсивні бойові дії. Тим не менш, наукові дослідження на деокупованих територіях свідчать про те, що навіть через декілька місяців після вибуху концентрації металів у ґрунті залишаються високими [2].

Для глибшого розуміння екологічних наслідків ракетних атак було проведено локальне дослідження місця падіння ракети в селі Скнилів Львівської області. Зразки ґрунту, відібрані безпосередньо з епіцентру вибуху, виявили значне перевищення фонових концентрацій таких елементів як свинець (Pb), кадмій (Cd), мідь (Cu) та нікель (Ni). Найвищі показники зафіксовано у поверхневому шарі ґрунту (0–10 см), що свідчить про поверхнєве накопичення металів після детонації. Окрім того, дослідження показали зміни в структурі ґрунту, що негативно впливає на відновлення природного рослинного покриву.

Результати цих вимірювань підтверджують гіпотезу про те, що навіть одноразове влучання ракети може призвести до формування локального техногенного осередку забруднення, який зберігає свою небезпеку протягом тривалого часу.

Для подолання наслідків такого забруднення необхідно впроваджувати комплексні заходи з екологічного моніторингу, оцінки ризиків та рекультивації постраждалих територій. Одним з перспективних підходів є використання методів фіторе mediaції - зокрема, вирощування рослин-аккумуляторів у поєднанні з сорбційними матеріалами для стабілізації металів. Важливо розробити національні стандарти щодо обліку воєнного забруднення та механізмів його усунення [3].

Таким чином, ракетні атаки є новим потужним джерелом забруднення ґрунтів важкими металами, що потребує міждисциплінарного підходу для оцінки наслідків та відновлення постраждалих екосистем.

Список використаної літератури

1. Зайцев Ю.О., Грищенко О.М., Романова С.А., Зайцева І.О. Вплив бойових дій на вміст валових форм важких металів у ґрунтах Сумського та Охтирського районів Сумської області. Агроекологічний журнал. 2022. №3. С. 136–149. Режим доступу: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2022.266419> (дата звернення 29.03.2025).
2. Смірнова К. "Геохімічний стан ґрунтів у зоні бойових дій: імовірні ризики для агросектору та шляхи вирішення". Національний науковий центр "Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського", 2022.
3. Самохвалова В.Л. Біологічні методи ремедіації ґрунтів, забруднених важкими металами. Біологічні студії. 2014. С. 217–236

Науковий керівник – І. М. Петрушка, д.т.н., проф.