

ЗАГРОЗИ ТЕРИТОРІЇ ВІД МІНУВАННЯ ТА ОБСТРІЛІВ

Третьякова Л. Д., докт. техн. наук, проф. (каф. ОППЦБ КПІ ім. Ігоря Сікорського);
Гомз'як Б. М., студ. (гр. ОА-11, ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського)

Анотація. У статті розглянуто основні загрози та можливі наслідки від вибухів снарядів і мін для населення та довкілля країни. Наявність важких металів на поверхні ґрунту призводить до виникнення надзвичайних екологічних ситуацій трьох видів: перевищення допустимої концентрації окремих важких металів; засолення ґрунтів вище допустимої норми; забруднення джерел питної води солями важких металів.

Ключові слова: надзвичайна ситуація; важкі метали.

Abstract. The article discusses the main threats and possible consequences of shell and mine explosions for the population and environment of the country. The presence of heavy metals on the soil surface leads to three types of environmental emergencies: exceeding the permissible concentration of certain heavy metals; salinization of soils above the permissible norm; contamination of drinking water sources with salts of heavy metals.

Keywords: emergency; heavy metals.

Вступ. Воєнний конфлікт, який виникнув на території України 2014 року, утворив екологічні проблеми, пов'язані з накопиченням забруднюючих речовин у ґрунті та відкритих водоймах. Упродовж 2014-2021 років в Україні в наслідок мінування та військових дій було забруднено до 60 тис. кв. км територій. 2015 року за підтримки *Organization for Security and Co-operation in Europe* були виконані дослідження стану поверхні ґрунтів у зоні конфлікту на сході України. За результатами досліджень було встановлено, що вміст важких металів у пробах ґрунту, відібраних на ділянках бойових дій, в більшості випадків перевищував фонове значення в 1,2...12 разів. Систематичне перевищення в 1,1...1,3 рази спостерігалось щодо ртуті, ванадію та кадмію [1]. Найвищий вміст важких металів виявлено в місцях встановлення мін і розриву снарядів.

Аналіз стану питання. З початку повномасштабного вторгнення росії в Україну (з 22 лютого 2022 р.) наслідки для екосистеми безумовно посилилися, виникли нові загрози цивільній та екологічній безпеці через мінування та забруднення земель сільськогосподарського призначення снарядами та мінами. Відповідно, проблема оцінювання умов виникнення та наслідків екологічних надзвичайних ситуацій через мінування територій, природних масивів і земель сільськогосподарського призначення є актуальним завданням.

Мета статті – проаналізувати вміст і рівні забруднення поверхні територій через військові дії, встановити наслідки від артилерійських обстрілів і замінування та сформулювати умови, які дають можливість оцінити імовірність і строки виникнення надзвичайних ситуацій.

Методики, матеріали і результати досліджень. Окупанти запровадили безпрецедентне мінування доріг, мостів і навіть земель сільськогосподарського

призначення. Це створює великі загрози життю та здоров'ю цивільного населення та тваринам, а також призводить за роки війни до комплексу екологічних загроз. Загрози стосуються всіх складових довкілля включно зі станом рослин, відкритих водойм та якості ґрунтів. Такі наслідки великою мірою посилюються через віддалені розриви ракет, бомб, безпілотників та мін.

Вибухи снарядів і мін призводять до суттєвого хімічного забруднення води і ґрунтів важкими металами, а саме: міддю, залізом, цинком, свинцем, стронцієм, титаном, кадмієм, нікелем. До важких металів зазвичай відносять метали, питома щільність яких у п'ять разів перевищує щільність води (5 г / см^3). Деякі з таких металів можуть бути корисними для людини (мідь, залізо, цинк), якщо їхній вміст не перевищує встановлених норм. Але вони стають токсичними, якщо їх хімічне видоутворення або концентрації перевищує допустимі значення [2]. Такі важкі метали як миш'як, марганець, свинець, кадмій і ртуть мають сильну токсичність навіть за низьких концентрацій. Вплив важких металів на людину може бути прямим (потрапляння з водою) та непрямим, як результат біоаккумуляції у рослинах та рибах, які вживають у їжу. Важкі метали шкідливі через їхні тривалі періоди напіврозпаду та здатності накопичуватися в різних частинах тіла людини. Відповідно висока концентрація важких металів і токсичних речовин робить ґрунт небезпечним і непридатним для подальшого сільськогосподарського використання. Господарча діяльності на таких ґрунтах без попередніх робіт з рекультиватії та відновлення становиться неможливою, оскільки важкі метали можуть потрапити через харчові ланцюжки в організм людини.

Детонація вибухонебезпечних предметів часто призводить до виникнення лісових пожеж, нових вибухів. Виконання робіт за таких умов небезпечно, що суттєво ускладнюється невідомими додатковими місцями розташування нерозірваних мін. Дим, чадний газ, дрібнодисперсний пил, який утворюється в результаті вибухів і пожеж пересувається на великі відстані, створюючи додаткові загрози здоров'ю цивільного населення через вдихання та забруднення очей і шкіри.

Нині ліквідація наслідків від бойових дій за даними Державної служби України з надзвичайних ситуацій потребує: розмінування близько 300 тис. кв. км, тобто майже половина території України. Піротехнічні підрозділи ДСНС щоденно вилучають і знешкоджують від 2 до 6 тис. вибухонебезпечних предметів – удесятеро більше, ніж до російського вторгнення [3]. З початку війни 2022 року до червня 2024 року Управління Верховного комісара ООН з прав людини зафіксувало 33 878 жертв серед цивільного населення від вибухонебезпечних предметів. Виникла нагальна потреба розроблення заходів з прогнозування розвитку екологічних надзвичайних ситуацій та обмеження негативного впливу забруднення ґрунтів та водних ресурсів.

Найбільш токсичні елементи з території, де відбуваються військові дії, це свинець і супутні забруднення, сурма, хром, миш'як, ртуть, нікель, цинк і кадмій. Вибухові речовини також містять велику кількість ртуті, цинку, міді, нікелю, свинця і хрому, які використовують для покриття куль, ракет, стволів гармат і

військових транспортних засобів. Барій, стибій, бісмут, бор є зарядними сполуками для зброї, вольфрам застосовують у авіаційних бомбах [3]. Після потрапляння в довкілля потенційно токсичні елементи в боєприпасах окислюється під час контакту з повітрям, решта потрапляє в ґрунт, де відбуваються різні хімічні процеси. Забруднення поверхні ґрунтів призводить до низки проблем, пов'язаних із засолення ґрунту, забрудненням ґрунтових вод та підвищенням рівня мінералізації води в поверхневих водоймах.

Експериментальні методи досліджень наразі неможливі, оскільки обстріли відбуваються за всією територією країни. Одним зі способів розв'язання цієї проблеми має бути розроблення методу прогнозування рівнів можливого забруднення ґрунтів та ґрунтових вод з використанням математичних моделей [4]. Під час розробки загального алгоритму оцінки впливу бойових дій на довкілля доцільно попередньо отримати таку інформацію:

- про застосування на даній території певних видів і типів боєприпасів, снарядів, ракет, авіаційних бомб;
- про мінування території та можливість або неможливість повного її розмінування;
- про наслідки впливу на місцеві об'єкти знищення невикористаних боєприпасів, які неможливо знешкодити, а можливо ліквідувати лише за місцем способом підриву;
- про стан поверхні, оскільки вибухи здатні змінювати рельєф території, переміщувати шари ґрунту.

У ґрунт, та відповідно і у підземні води, потрапляють важкі метали від боєприпасів та військової техніки. Умовою виникнення надзвичайної ситуації першого типу є глибинне засолення ґрунту. Умовою надзвичайної ситуації другого типу є потрапляння молекул важких металів у водні горизонти. Моделювання процесу переміщення молекул важких металів у багат шарових ґрунтах передбачає кілька етапів. Початкова необхідна умова формування поля математичної моделі – наявність у поверхневому шарі ґрунту хімічних сполук важких металів з концентрацією, яка перевищує допустимий рівень. Переміщення важких металів відбувається в зоні аерації і зрозуміло, що на різних територіях буде різна швидкість поширення забруднень. Потрібно відзначити, що усі вказані величини є імовірними, залежать від структури зони аерації, властивостей молекул металів, температури, тиску, вологості і концентрації речовини.

Напишемо початкову умову виникнення небезпеки – наявність у поверхневому шарі ґрунту хімічно-небезпечних сполук з концентрацією, яка перевищує гранично-допустиму концентрацію (ГДК).

$$\rho_i(x_0, y_0, z, t) \geq \text{ГДК}_i, \quad (1)$$

де ρ – концентрація хімічно-небезпечної сполуки; x_0, y_0, z_0 – початкові координати джерела забруднення; i – хімічно-небезпечна сполука, яка досягла ГДК.

Небезпека виникнення надзвичайних ситуацій та оцінка можливих наслідків у моделі надані у вигляді:

– надзвичайна ситуація, яка спричинена підвищенням рівня глибинного засолення ґрунту

$$C_x < q(C_x, t, h_x) < 0,35, \quad (2)$$

– надзвичайна ситуація, яка зумовлена потраплянням хімічно-небезпечної сполуки з важкими металами у ґрунтові або підземні води

$$h_0 \leq q(C_x, T) \leq H, \quad (3)$$

де h – глибина проникнення хімічно-небезпечних сполук у ґрунт; $q(C_x, t)$ – показник, який в подальшому визначає характер поширення небезпеки та є відображенням джерел небезпеки; H – глибина залягання водоносного горизонту в межах території можливого поширення

Використання методу моделювання потребує передусім експериментальної оцінки концентрації шкідливих речовин, глибини їх проникнення та структури зони аерації, яка також могла змінитися через обстріли та вибухи.

Висновок. У результаті тривалих обстрілів і мінування на близько п'ятдесяти відсотків територій зафіксовано накопичення сполучень хімічних речовин, які містять важкі метали. Аналіз літературних джерел показав, що важкі метали негативно впливають на здоров'я людей, підвищують ризики захворювання внутрішніх органів та раку. Наявність важких металів на поверхні ґрунту створює умови до виникнення екологічних надзвичайних ситуацій, які призводять до: засолення ґрунту і втрати його родючості; вторинного забруднення рослин, які повсюдно використовують у їжу; забруднення поверхневих та глибинних шарів водних горизонтів, які часто використовують як джерела питної води.

Література

1. Website of the Ukrainian Deminers Association URL: <https://www.uda.org.ua/>.
2. Zaitsev Y.O., Gryshchenko O.M., Romanova S.A., Zaitseva I.O. Influence of military operations on the content of gross forms of heavy metals in the soils of Sumy and Okhtyrka districts of Sumy region. Agroecological journal. 2022. 3. С. 136–149. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2022.266419>.
3. Іванюта С., Якушенко Л. Пріоритети забезпечення екологічної безпеки України в умовах російської воєнної агресії: аналіт. доп. Київ: НІСД, 2024. 61 с. <https://doi.org/10.53679/NISS-analytrep.2024.11>.
4. Tretiakova L., Panasiuk I., Mitiuk L., Rebucl E. (2022). Method for predicting the dissemination of hazardous substances in the soil during long-term storage of galvanic waste. EUREKA: «Physics and Engineering», 2022. 1 (38). P. 12-22. DOI: 10.21303/2461-4262.2022.002231.