

Дослідження факторів впливу забруднення ґрунтів та ґрунтових вод на здоров'я населення в зоні бойового ураження об'єктів укриття

Study of Factors Affecting the Impact of Soil and Groundwater Contamination on Human Health in the Combat-Affected Shelter Zone

Ніна Рашкевич

Corresponding author: PhD, доцент кафедри, e-mail: nine291085@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5124-6068>

Ольга Шевченко

кандидат технічних наук, докторант, e-mail: shevchenkoolga2008@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2106-5009>

Володимир Крадожон

здобувач, e-mail: kradozhon.volodymyr_2024phd@nuczu.edu.ua, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8037-9636>

Артем Гузь

здобувач, e-mail: huz_artem@nuczu.edu.ua, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-8869-2423>

Nina Rashkevich

Corresponding author: PhD, Associate Professor of the Department, e-mail: nine291085@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5124-6068>

Olga Shevchenko

Candidate of Technical Sciences, Doctoral Student, e-mail: shevchenkoolga2008@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2106-5009>

Volodymyr Kradozhon

PhD Student, e-mail: kradozhon.volodymyr_2024phd@nuczu.edu.ua, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8037-9636>

Artem Huz

PhD Student, e-mail: huz_artem@nuczu.edu.ua, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-8869-2423>

Національний університет цивільного захисту України, м. Черкаси, Україна

National University of Civil Defence of Ukraine, Cherkasy, Ukraine

Received: January 15, 2025 | Revised: February 11, 2026 | Accepted: February 28, 2026

УДК 614.8

DOI: <https://doi.org/10.33445/sds.2025.16.1.15>

Мета роботи. Виділити та класифікувати фактори, що впливають на характер прояву фізіологічної дії небезпеки забруднення ґрунтів та ґрунтових вод на здоров'я населення в умовах перебування людей в об'єктах укриття, на територіях, які зазнали ураження ракетно-артилерійськими системами.

Метод дослідження. Для деталізації прояву фізіологічної дії використовувався аналітичний метод; для встановлення причинно-наслідкових зв'язків між факторами навколишнього середовища та характером впливу – системний аналіз; для порівняння ефектів у різних умовах – порівняльний метод.

Результати дослідження. Визначено два основні типи прояву фізіологічної дії: субгострий (T_{1-2}), пов'язаний із забрудненням питної води, та пролонгований (T_{2-3}), характерний для ґрунтового шляху та харчової експозиції. Виділено фактори, що модифікують траєкторії та швидкість міграції токсикантів, їх концентрацію та тривалість дії, а також вплив на швидкість і тяжкість прояву фізіологічних наслідків у різних груп населення з урахуванням обмеженого повітря- та водообміну в об'єктах укриття.

Теоретична цінність дослідження. Робота сприяє формуванню уніфікованої дворівневої моделі оцінки прояву фізіологічної дії токсикантів у складних умовах бойових дій, включно зі сценаріями тривалого перебування населення в захисних спорудах.

Практична цінність дослідження. Отримані результати можуть бути використані для розробки адаптивних стратегій управління надзвичайними ситуаціями, планування моніторингу забруднення та захисту населення на уражених територіях, а також для підвищення безпеки експлуатації об'єктів укриття в умовах хімічного забруднення довкілля.

Оригінальність/Цінність дослідження. Систематизовано вплив поєднання факторів навколишнього середовища та воєнного навантаження на прояв фізіологічних наслідків

Purpose. To identify and classify the factors influencing the nature of the physiological effects of soil and groundwater contamination on public health under conditions of human presence in protective shelters, in territories affected by rocket and artillery attacks.

Method. An analytical method was used to detail the manifestation of the physiological effect; to establish cause-and-effect relationships between environmental factors and the nature of the impact – a systems analysis; to compare effects under different conditions – a comparative method.

Findings. Two main types of physiological effects were identified: subacute (T_{1-2}), associated with drinking water contamination, and prolonged (T_{2-3}), characteristic of soil pathways and food exposure. Factors modifying the trajectories and migration rates of toxicants, their concentrations and duration of exposure, as well as their influence on the rate and severity of physiological effects in different population groups were identified, taking into account limited air and water exchange in shelter facilities.

Theoretical implications. The research contributes to the development of a unified two-level model for assessing the manifestation of physiological effects of toxicants under complex combat conditions, including scenarios involving prolonged population stay in protective structures.

Practical implications: The obtained results can be used to develop adaptive emergency management strategies, plan contamination monitoring and population protection in affected areas, and enhance the operational safety of shelter facilities under conditions of environmental chemical contamination.

Originality/Value. The impact of a combination of environmental factors and military load on the manifestation of the physiological effects of soil and water pollution has been systematized,

забруднення ґрунтів та ґрунтових вод, що дозволяє підвищити точність оцінки ризиків для населення.

Обмеження дослідження. Обмеження полягають у використанні теоретичних та аналітичних моделей без широкого експериментального підтвердження у польових умовах. У майбутніх дослідженнях доцільно інтегрувати дані спостережень, моделювання та лабораторних експериментів.

Тип статті. Теоретична.

Ключові слова: небезпека, ракетно-артилерійські ураження, фізіологічна дія, забруднення ґрунту, забруднення ґрунтових вод.

which allows to increase the accuracy of risk assessment for the population.

Research limitations. The limitations lie in the use of theoretical and analytical models without extensive experimental confirmation in field conditions. In future studies, it is advisable to integrate observational, modeling, and laboratory experimental data.

Paper type. Theoretical.

Key words: Hazard, Rocket and Artillery Impacts, Physiological Effect, Soil Contamination, Groundwater Contamination.

Вступ

Воєнні конфлікти супроводжуються масштабними руйнуваннями територій, що створює передумови для їх інтенсивного забруднення [1–3]. До уразливих компонентів довкілля належать ґрунти та ґрунтові води, які здатні акумулювати широкий спектр токсичних речовин, зокрема важкі метали, органічні сполуки, залишки вибухових речовин, неорганічні токсиканти, а в окремих випадках – радіонукліди.

Умови тривалого перебування населення в об'єктах укриття на уражених територіях змінюють характер експозиції небезпечних чинників, зокрема через обмежений повітро- та водообмін, використання локальних джерел водопостачання та потенційне залучення забруднених ґрунтів та продуктів харчування. Формування таких осередків забруднення створює загрозу для здоров'я людини, фізіологічні наслідки якої можуть проявлятися як у короткостроковій перспективі, так і після тривалого латентного періоду.

Мета дослідження полягає у виділенні та класифікації факторів, що впливають на характер прояву фізіологічної дії небезпеки забруднення ґрунтів та ґрунтових вод на здоров'я населення в умовах перебування людей в об'єктах укриття, на територіях, які зазнали ураження ракетно-артилерійськими системами.

Об'єктом дослідження є процеси забруднення ґрунтів та ґрунтових вод на територіях, уражених ракетно-артилерійськими системами.

Предметом дослідження є сукупність факторів, що визначають характер прояву фізіологічної дії небезпеки забруднення ґрунтів та ґрунтових вод на здоров'я населення з урахуванням специфіки бойового ураження територій та умов навколишнього середовища.

Для досягнення поставленої мети у роботі необхідно розв'язати **завдання:**

деталізувати характер прояву фізіологічної дії небезпеки забруднення ґрунтів та ґрунтових вод на здоров'я людини з метою формування науково обґрунтованої методології управління надзвичайними ситуаціями;

проаналізувати вплив факторів навколишнього середовища на поширення небезпеки, зумовленої ураженням територій ракетно-артилерійськими системами.

Теоретичні основи дослідження

У світовій науковій практиці накопичено значний досвід дослідження механізмів міграції забруднювачів, оцінки їх небезпеки.

У роботі [3] виділено основні джерела забруднення ґрунтів та водних ресурсів під час військових конфліктів. Дослідниками [4] окреслено основні механізми міграції забруднювачів у підземних водах, зокрема процеси адсорбції, які визначають час за який токсичні речовини досягають водоносних горизонтів або поверхневих джерел споживання. Уточнення цих процесів дає змогу більш обґрунтовано прогнозувати часові рамки прояву негативних наслідків.

Сучасні підходи до моделювання часу досягнення безпечних рівнів забруднення були запропоновані авторами [5]. У дослідженні підкреслено роль як гідрогеологічних характеристик, так і типу забруднювачів у затримці або прискоренні процесів очищення середовища.

Дослідниками [6] виокремлено фактори, що впливають на якість ґрунтових вод, зокрема наявність арсену, кадмію. Акцентовано увагу на різниці між хронічним та гострим впливом цих речовин на здоров'я людини.

У роботі [7] проаналізовано методи оцінки вразливості ґрунтових вод до забруднення, які можуть бути використані для управління надзвичайними ситуаціями (НС). Висвітлено підходи, що дозволяють визначити території з підвищеним ризиком ураження внаслідок військових дій або техногенних аварій.

У роботі [8] проаналізовано вразливість підземних вод у різних типах водоносних горизонтів із використанням індексних моделей. Показано, що безнапірні та тріщинуваті горизонти є найбільш уразливими через інтенсивну міграцію забруднювачів, тоді як напірні системи мають вищий рівень природного захисту. Отримані результати підтверджують доцільність диференційованого підходу до просторового зонування територій за рівнем екологічного ризику.

У дослідженні [9] запропоновано оцінку факторів вразливості якості підземних вод із урахуванням гідрогеологічних, техногенних та антропогенних чинників. Акцентовано роль порушення природних та техногенних бар'єрів, що істотно підвищує ризик швидкого проникнення забруднювачів у водоносні горизонти.

У роботі [10] здійснено аналіз впливу забруднення довкілля на здоров'я населення, у якому підкреслено визначальну роль водних ресурсів як каналу хронічного та гострого ураження, особливо для вразливих груп населення.

Автори [11] досліджують міграцію забруднювачів від ґрунту до води і далі до рослин. Такий ланцюг спричиняє пролонговані наслідки для здоров'я населення в регіонах із сільськогосподарським використанням земель.

Інструмент для ідентифікації та картографування небезпечних зон забруднення запропоновано в роботі [12]. Наведена методика базується на поєднанні даних про фактичний рівень забруднення та його можливі наслідки, що дозволяє підвищити ефективність запобігання НС.

Автори [13] проаналізували механізми дії забруднювачів на організм людини. Небезпеку становлять органічні сполуки та метали, які порушують функції серцево-судинної, нервової та імунної систем, що є актуальним для оцінки реальних ризиків на територіях із тривалим забрудненням.

Дослідники [14] звертають увагу на специфіці екологічної небезпеки, що виникає внаслідок вогневого ураження територій боєприпасами. Запропоновано практичні підходи до мінімізації таких наслідків шляхом своєчасної ідентифікації осередків забруднення. У роботі [15] розглянуто заходи для попередження забруднення водних об'єктів у населених пунктах, де відбувалися бойові дії.

У роботі [16] наведено перелік факторів, що визначають характер поширення важких металів у ґрунтовому середовищі. Ці результати є основою для подальшого прогнозування шляхів міграції забруднювачів.

Оптимізація відбору проб ґрунту розглянута в роботі [17]. Авторами обґрунтовано використання адаптивних стратегій пробовідбору для виявлення ділянок потенційної небезпеки у разі техногенних впливів.

У роботі [18] закладено основи математичного моделювання процесів впливу ракетно-артилерійських уражень на стан ґрунтових вод. Визначено граничні умови існування математичної моделі та окреслено шляхи її застосування для оцінки ступеня ризику на конкретних територіях.

Огляд наукових джерел свідчить про формування міждисциплінарного підходу до вивчення наслідків забруднення ґрунтів та ґрунтових вод. Процеси міграції, накопичення

токсичних речовин тісно пов'язані з гідрогеологічними умовами, хімічною стабільністю забруднювачів й глибиною залягання водоносних горизонтів.

Постановка проблеми

Наслідки ракетно-артилерійських уражень територій характеризуються не лише руйнуванням інфраструктури, а й формуванням довготривалих осередків хімічного забруднення ґрунтів та ґрунтових вод, що створює передумови виникнення НС. Зокрема, йдеться про НС, пов'язані з перевищенням гранично допустимих концентрацій шкідливих (забруднювальних) речовин у ґрунті та у воді, а також про НС, обумовлені отруєнням людей, у тому числі внаслідок споживання неякісних продуктів харчування, питної води, впливу токсичних та інших небезпечних речовин

На сьогодні відсутня цілісна методологія управління зазначеними НС, орієнтована на їх попередження та запобігання. Існуючі підходи мають переважно фрагментарний характер, зосереджуються на окремих компонентах довкілля або типах забруднювачів та, як правило, не враховують специфіку бойових уражень, комбінований вплив фізико-хімічних, гідрогеологічних та просторово-часових факторів.

Таким чином, актуальним науково-практичним завданням є ідентифікація та систематизація факторів, що визначають швидкість та характер прояву наслідків небезпеки забруднення ґрунтів та ґрунтових вод після ракетно-артилерійських уражень з урахуванням умов перебування людей в об'єктах укриття, з метою формування науково обґрунтованої основи для розроблення інструментів прогнозування, зонування ризику та управління НС.

Методологія дослідження

Методологічною основою дослідження є підхід, що поєднує елементи екологічного аналізу, токсикології, гідрогеології та теорії управління надзвичайними ситуаціями. Такий підхід обумовлений складною природою досліджуваного явища, де наслідки ракетно-артилерійських уражень формуються під впливом взаємодії природних, техногенних та соціальних факторів.

Дослідження здійснювалося у декілька послідовних етапів:

1. Аналіз наукових джерел щодо: механізмів міграції забруднювачів у ґрунтах і ґрунтових водах; фізіологічної дії токсичних речовин на організм людини; наслідків військових дій для компонентів довкілля.
2. Виокремлення груп факторів, що визначають характер та швидкість поширення забруднення в умовах бойового ураження територій.
3. Систематизація факторів за основними блоками: воєнне навантаження; геологічні та гідрогеологічні умови; метеорологічні чинники; цільове призначення земель; стан критичної інфраструктури; вразливість населення.
4. Формування узагальненої класифікації типів прояву фізіологічної дії забруднення на здоров'я населення.

Для досягнення поставленої мети застосовано сукупність взаємодоповнювальних методів.

Аналітичний метод застосовувався для узагальнення результатів попередніх наукових досліджень щодо: процесів міграції токсикантів у ґрунтах і водоносних горизонтах; механізмів фізіологічної дії небезпечних речовин; особливостей екологічних наслідків військових дій.

Системний аналіз використано для встановлення причинно-наслідкових зв'язків між: параметрами воєнного ураження; природними умовами території; характеристиками населення; типами фізіологічної реакції на забруднення.

Порівняльний метод застосовувався для: зіставлення різних типів середовищ (ґрунт, вода, повітря); аналізу різних шляхів надходження токсикантів до організму людини; порівняння характеру фізіологічних наслідків у різних умовах експозиції.

4. Метод класифікації та типологізації використано для групування факторів за їх функціональною роллю у формуванні небезпеки; побудови узагальнених таблиць факторів.

Інформаційною основою дослідження стали:

- наукові статті з питань забруднення ґрунтів і ґрунтових вод;
- дослідження щодо токсикологічних ефектів забруднювачів;
- матеріали конференцій, присвячених екологічним наслідкам військових дій;
- нормативно-правові акти у сфері землекористування та управління надзвичайними ситуаціями.

Методологія дослідження має низку обмежень:

1. Дослідження має теоретико-аналітичний характер і не базується на широких польових вимірюваннях.

2. Відсутня кількісна оцінка вагомості окремих факторів у формуванні загального ризику.

3. Не проведено математичного моделювання конкретних сценаріїв забруднення.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на:

- розроблення кількісних моделей оцінки ризику;
- використання геоінформаційних систем для просторового аналізу;
- інтеграцію польових, лабораторних та модельних даних;
- застосування експертних методів (зокрема Delphi) для визначення вагових коефіцієнтів факторів.

Запропонована методологія створює концептуальну основу для формування інтегрованих моделей оцінки екологічних і медико-біологічних ризиків у зонах бойового ураження та може бути використана для подальших прикладних досліджень у сфері цивільної безпеки.

Результати

Традиційний поділ проявів фізіологічної дії небезпечних речовин на гострий (T_1), відстрочений (T_2) та пролонгований (T_3) ґрунтується на усталених токсикологічних уявленнях щодо часової динаміки формування патологічних ефектів [19, 20]. Водночас, в умовах воєнного ураження територій, коли джерела забруднення мають змішаний характер, а сценарії розвитку надзвичайних ситуацій є багатоваріантними та слабо прогнозованими, зазначена класифікація виявляється недостатньо адаптованою до потреб управління НС. За таких умов постає необхідність уніфікації типів прояву небезпеки забруднення ґрунтів і ґрунтових вод на здоров'я людини з орієнтацією на практичні завдання попередження та реагування.

Ураження ракетно-артилерійськими системами супроводжується викидом набору небезпечних речовин, дія яких у реальних умовах не є ізольованою. Фізіологічний вплив може формуватись за рахунок різних типів взаємодії токсикантів.

Одним із чинників, що визначає характер прояву фізіологічної дії небезпеки, є шлях надходження небезпечних речовин до організму людини [11]. Забруднення питної води, як правило, призводить до відносно швидкого розвитку клінічних симптомів і потребує оперативного виявлення та реагування. Водночас надходження токсичних речовин через ґрунт або харчові продукти зумовлює відстрочені або пролонговані наслідки, пов'язані з кумулятивним ефектом та тривалим впливом на організм.

Зазначене обумовлює необхідність диференційованого підходу до розроблення методології управління надзвичайними ситуаціями залежно від домінуючого шляху надходження небезпечних речовин у конкретних умовах ураженої території.

У зв'язку з цим, у роботі пропонується уніфікований поділ проявів фізіологічної дії небезпеки на два узагальнені типи, релевантні для управлінських рішень: субгострий (T_{1-2}), характерний для надходження небезпечних речовин переважно через вживання забрудненої питної води, та пролонгований (T_{2-3}), зумовлений контактом із забрудненим ґрунтом і харчовою експозицією, тобто надходженням токсикантів до організму людини через продукти харчування.

Тим самим, субгострий тип відображає ситуації, за яких наслідки впливу небезпечних речовин не є миттєвими, але й не мають значної часової віддаленості, що є типовим для випадків забруднення питної води з послідовною появою клінічних симптомів у межах відносно короткого періоду часу.

В умовах воєнного ураження формування та поширення небезпеки забруднення навколишнього середовища зумовлюється поєднанням фізичних характеристик самого ураження, а також комплексом природних і техногенних факторів. Для об'єктивної оцінки реальних масштабів загроз здоров'ю населення принципово важливим є виокремлення та аналіз того, яким чином воєнне навантаження, геологічні, гідрогеологічні та метеорологічні умови, а також антропогенні чинники модифікують траєкторії міграції забруднювачів, їх концентрацію та тривалість дії.

Воєнне навантаження визначає не лише масштаби фізичного руйнування територій, а й хімічний профіль забруднення, глибину проникнення токсикантів у компоненти довкілля, тривалість їх збереження у середовищі та інтенсивність впливу на організм людини. Відповідно, під час оцінювання небезпеки для здоров'я населення необхідно враховувати характеристики застосованого озброєння, які безпосередньо впливають на темп та тяжкість прояву фізіологічної дії небезпечних речовин (табл. 1).

Таблиця 1: Вплив воєнного навантаження на поширення небезпеки

№ з/п	Фактор воєнного навантаження	Характеристика	Характер впливу	Тип прояву фізіологічної дії
1	Тип та калібр боєприпасів	Калібр <100 мм (мінометні, легкі снаряди)	Локальне поверхневе забруднення вибуховими речовинами, важкими металами	T_{2-3}
2		Калібр 100–155 мм (артилерія середнього калібру)	Проникнення вибухових речовин та важких металів, збільшення площі забруднення	T_{2-3}
3		Калібр >155 мм (важка артилерія, гаубиці)	Масштабне забруднення, значне проникнення токсикантів у ґрунт та воду	T_{1-2}
4		РСЗВ (Град, Ураган, Смерч)	Широкомасштабне забруднення великих площ, глибоке ураження середовища	T_{1-2}, T_{2-3}
5		Касетні боєприпаси	Дифузне, фрагментарне забруднення токсичними залишками на великих площах	T_{1-2}
6		Кумулятивні снаряди	Місцева деградація ґрунтів, металеві залишки, термічна дія	T_{2-3}
7		Фугасні, осколково-фугасні снаряди	Проникнення вибухових речовин та важких металів у тріщини, водоносні горизонти	T_{1-2}
8		Термобаричні (об'ємно-детонуючі)	Аерозольне забруднення, зміни структури ґрунтів, залишки токсичних газів	T_{1-2}
9		Боєприпаси з фосфором	Хімічне забруднення фосфатами, кислотами, ураження водних джерел	T_{1-2}
10		Радіоактивні боєприпаси (збіднений уран, Cs-137)	Радіоактивне зараження, тривалий період напіврозпаду, біокумуляція	T_{2-3}

№ з/п	Фактор воєнного навантаження	Характеристика	Характер впливу	Тип прояву фізіологічної дії
11	Інтенсивність обстрілів	Кількість снарядів Тривалість ураження Щільність ураження	Пропорційне збільшення обсягу та площі забруднення	T_{1-2}, T_{2-3}
12	Тип детонації	Наземна Повітряна Підземна	Визначає глибину проникнення токсичних речовин та шлях їх поширення	T_{1-2}, T_{2-3}

Джерело: складено авторами на основі [21].

Наведені в таблиці фактори воєнного навантаження відображають загальні закономірності формування небезпеки забруднення довкілля в умовах бойових дій. Їх вплив визначається сукупністю параметрів, що характеризують масштаб та інтенсивність ураження території, які зумовлюють просторово-часові особливості міграції забруднювачів і характер прояву фізіологічної дії небезпеки.

Загалом зростання воєнного навантаження призводить до збільшення площі та складності забруднення, а також до зміни часових характеристик впливу, що необхідно враховувати під час оцінювання ризиків для здоров'я населення та розроблення підходів до управління НС.

Геологічні умови визначають траєкторію, швидкість та масштаб міграції забруднювачів (табл. 2).

Таблиця 2: Вплив геологічних умов на поширення небезпеки

№ з/п	Геологічні фактори	Характеристика	Характер впливу
1	Тип ґрунтоутворюючої породи	Пісок, супісок, суглинок, глина	Піски сприяють швидкій міграції токсикантів у глибину; глини – уповільнюють
2	Гранулометричний склад	Крупнозернисті або дрібнозернисті фракції	Великі пори – швидка фільтрація; дрібні пори – затримка та накопичення
3	Наявність тріщинуватості, карстових пустот	Розломи, порожнини, щілини	Забезпечують стрімке просочування токсикантів до водоносних горизонтів
4	Наявність водотривких шарів	Глини, мергелі, суглинки	Перешкоджають просочуванню забруднень до нижчих горизонтів
5	Тип рельєфу	Схили, рівнини, улоговини	На схилах – стік поверхневий, менше проникнення; в пониженнях – застій та накопичення

Джерело: складено авторами на основі [16, 21].

Небезпечними є ділянки з піщаними, тріщинуватими або карстовими породами, де ґрунти мають високу проникність. У таких умовах забруднювачі швидко проникають у водоносні горизонти, сприяють забрудненню підземних вод, створюючи умови для субгострого (T_{1-2}) прояву фізіологічної дії. Низини, знижені рельєфні форми, балкові системи та заплави є природними накопичувачами забруднювачів. Такі території небезпечні через потенційну концентрацію токсикантів і повільне самоочищення.

Гідрогеологічні умови визначають поведінку забруднювачів у водному середовищі: швидкість, напрямок та глибину їхнього поширення в ґрунтових та підземних водах (табл. 3).

Таблиця 3: Вплив гідрогеологічних умов на поширення небезпеки

№ з/п	Гідрогеологічний фактор	Характеристика	Характер впливу
1	Глибина залягання водоносного горизонту	Неглибокий, середній, глибокий	Неглибокі горизонти швидко забруднюються – ризик гострої дії через питну воду
2	Тип водоносного горизонту	Безнапірний, напірний, тріщинуватий, міжпластовий	Напірні води – захищені частково; безнапірні – високий ризик; тріщини – швидка міграція
3	Напрямок та швидкість підземного стоку	Залежить від рельєфу і тиску вод	Визначає напрям міграції забруднювачів; при високій швидкості – ризик швидкого забруднення джерел водозабору
4	Рівень вологості ґрунту (насичення)	Тимчасове перезволоження, підтоплення, постійно вологі ділянки	У вологому ґрунті забруднювачі розчиняються та швидше потрапляють у воду або рослини
5	Режим ґрунтових вод	Сезонні коливання, паводкові явища, зниження (підняття рівня)	Під час підйому рівня відбувається міграція забруднювачів у водоносний шар або їх винос на поверхню
6	Наявність поблизу відкритих водойм	Річки, озера, ставки, водосховища, канали	При попаданні боєприпасів у воду – миттєве поширення забруднювачів, зростання ризику отруєнь через питну воду
7	Густота водної мережі	Щільність розгалуження річок, струмків, каналів	Збільшує площу рознесення токсичних речовин, забруднення великих територій
8	Використання водойм для питного водопостачання	Водозабори, колодязі, свердловини поблизу водойм	Прямий шлях надходження забруднювачів у організм – ризик отруєнь

Джерело: складено авторами на основі [8, 9].

Небезпеку становлять території з неглибоким заляганням водоносного горизонту, високим рівнем ґрунтових вод, відсутністю природного захисту (глини, суглинків). У таких умовах забруднювачі швидко потрапляють у питні джерела, спричиняючи субгостру дію через воду (T_{1-2}). Загрозу становлять наявність відкритих водойм, паводкових потоків, затоплюваних територій, які прискорюють горизонтальне перенесення забруднювачів. Це підвищує ризик потрапляння забруднюючих речовин до поверхневих та підземних вод – формує умови (T_{1-2}).

Вплив метеорологічних умов на швидкість, масштаб та напрямок поширення забруднення, а також на прояв фізіологічної дії для населення внаслідок забруднення ґрунтів та ґрунтових вод важливий у перші години, дні після обстрілів або вибухів (табл. 4).

Таблиця 4: Вплив метеорологічних умов на характер небезпеки

№ з/п	Метеорологічні фактори	Характер впливу
1	Інтенсивність опадів	Сприяють розчиненню та міграції забруднювачів у ґрунт та водоносні горизонти; зростає ризик для водозабору
2	Температура повітря	Висока температура активізує леткі та газоподібні токсичні речовини, зростає інгаляційне ураження; низька температура – сповільнення біологічних і хімічних процесів, часткова консервація забруднювачів у ґрунті
3	Напрямок та швидкість вітру	Поширення аерозолів, газів, пилу з забруднювачами на значні відстані

№ з/п	Метеорологічні фактори	Характер впливу
4	Вологість повітря	Підвищує швидкість хімічного розкладу речовин, але погіршує дисперсію в повітрі
5	Сонячна інсоляція (ультрафіолет)	Може активувати розклад деяких забруднювачів
6	Тривалість посушливого періоду	Зменшує промивання забруднювачів – накопичення в поверхневому шарі ґрунту – небезпека при контакті
7	Атмосферний тиск	Впливає на утримання токсичних газів у приземному шарі повітря

Джерело: складено авторами на основі [22].

Небезпеку становлять періоди сильних опадів, високих температур. Зливи сприяють інфільтрації токсикантів у ґрунт і воду, а високі температури та вітер – випаровуванню та поширенню токсичних парів або пилу. Це створює передумови для субгострої дії (T_{1-2}).

Цільове призначення земель визначає інтенсивність контакту населення з потенційно забрудненими об'єктами (вода, ґрунт, продукти харчування), режим використання території (постійне перебування чи тимчасове відвідування), чутливість середовища до перенесення токсикантів. Нижче наведені таблиці, що узагальнює вплив кожної категорії цільового призначення земель (табл. 5).

Таблиця 5: Вплив цільового призначення земель на поширення небезпеки

№ з/п	Цільове призначення земель	Характер впливу
1	Сільськогосподарського призначення	Потрапляння токсикантів у продукти харчування – біоаккумуляція
2	Житлова та громадська забудова	Контакт із забрудненим ґрунтом, питною водою, повітрям; ймовірність масового ураження
3	Природно-заповідного та іншого природоохоронного призначення	Обмежений доступ – менша пряма дія, але забруднення біоценозів, водних тіл – вторинний ризик
4	Оздоровчого призначення (санаторії, курорти)	Висока чутливість груп населення, потенційно забруднені вода/ґрунт для оздоровчих процедур
5	Рекреаційного призначення (парки, пляжі, туризм)	Короткочасний контакт, але можливий інгаляційний, контактний чи водний шлях
6	Історико-культурного призначення (пам'ятки, заповідники)	Обмежений контакт, але ризик для персоналу чи туристів у разі невиявленого забруднення
7	Лісгосподарського призначення	Надходження забруднювачів у харчовий ланцюг, ризик біоаккумуляції
8	Водного фонду	Високий ризик забруднення питної води
9	Промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони	Низький прямий контакт із населенням, але ризик технологічного ланцюга
10	Землі запасу, резервного фонду, загального користування	Сценарій залежить від подальшого використання (наприклад, забудова або землеробство)

Джерело: складено авторами на основі [23, 24].

Найвищий рівень ризику характерний для сільськогосподарських угідь, що забезпечують продовольчі ланцюги, та водних об'єктів, які використовуються як джерела питного водопостачання, а також для територій щільної житлової забудови. У таких умовах можливе формування повного спектра токсичних ефектів.

Критична інфраструктура (KI) не лише вразлива до ураження, але й може перетворитись на джерело вторинного забруднення, що може впливати на великі групи населення одночасно. Найнебезпечніші об'єкти – ті, що мають безпосередній контакт із питною водою, харчовими продуктами.

Наявність КІ посилює швидкість та масштаб прояву фізіологічної небезпеки забруднення ґрунтів та ґрунтових вод після ракетно-артилерійських уражень (табл. 6). Це зумовлено високою щільністю населення, високим ризиком технологічного ускладнення (вторинного забруднення), життєвою залежністю від води.

Таблиця 6: Вплив типу об'єктів критичної інфраструктури на поширення небезпеки

№ з/п	Тип об'єкта КІ	Характер впливу
1	Об'єкти водопостачання та водовідведення	Потрапляння забруднювачів у питну воду або стоки – пряма загроза здоров'ю населення
2	Об'єкти енергетики та паливної інфраструктури	Розливи, вибухи, проникнення паливо-мастильних матеріалів у водоносні горизонти або ґрунти – забруднення з відстроченими або хронічними наслідками
3	Медичні та соціальні установи	Високочутливі групи – підвищена загроза навіть при мінімальних концентраціях забруднювачів, можливе поширення інфекцій
4	Об'єкти зберігання небезпечних речовин	Вибухи, витоки – масштабне первинне та вторинне забруднення повітря, ґрунтів та вод
5	Об'єкти харчового забезпечення	Контамінація продуктів харчування – відстрочені або пролонговані ефекти при споживанні
6	Логістичні та транспортні вузли	Поширення забруднених матеріалів, витоки токсичних речовин під час транспортування
7	Об'єкти управління, зв'язку та протиповітряної оборони	Опосередкований вплив: зниження здатності до реагування, що призводить до посилення наслідків НС

Джерело: складено авторами на основі [25].

Ураження водозаборів, складів паливо-мастильних матеріалів спричиняє масове, іноді миттєве потрапляння токсикантів до організму людини. Це формує переважно субгостру дію (T_{1-2}).

Вразливість населення підвищує швидкість прояву наслідків ураження, оскільки знижує бар'єри захисту організму та соціальні можливості уникнення впливу. Тому, навіть при однаковому хімічному навантаженні, різні групи населення мають різну швидкість фізіологічної реакції (табл. 7).

Таблиця 7: Вплив вразливості населення на поширення небезпеки

№ з/п	Компонент вразливості населення	Характеристика	Характер впливу
1	Групи вікового контингенту	Діти, літні люди	Знижена здатність до детоксикації, швидке накопичення токсинів
2	Загальний стан здоров'я	Ослаблений імунітет	Висока сприйнятливості до хімічних та мікробіологічних агентів
3	Доступ до медичних послуг	Віддаленість, відсутність закладів, нестача персоналу	Ускладнення вчасної діагностики та лікування, підвищення тяжкості отруєнь
4	Рівень поінформованості	Незнання про небезпеку, споживання забрудненої води, продуктів харчування	Відсутність уникнення контакту, відсутній самозахист

Джерело: складено авторами на основі [10, 26].

У групах із високою вразливістю невелике забруднення може призвести до субгострих фізіологічних ефектів (T_{1-2}) – отруєння, алергії, загострення хвороби.

У більш стійких групах той самий рівень забруднення може мати лише пролонговану дію (T_{2-3}).

Таким чином, з урахуванням складу забруднювачів, їхньої комбінованої та синергетичної взаємодії, а також непередбачуваних сценаріїв розвитку НС, доцільно інтегрувати класифікацію проявів фізіологічної дії забруднення ґрунтів та водного середовища на організм людини в зоні бойового ураження в рамках уніфікованої дворівневої моделі.

Обговорення

Отримані результати підтверджують міждисциплінарний характер проблеми забруднення ґрунтів та ґрунтових вод у зонах бойових уражень та її прямиї зв'язок із ризиками для здоров'я населення. У даному дослідженні акцент зроблено на фізіологічних ефектах та специфіці ракетно-артилерійських уражень. Такий підхід дозволяє перейти від суто екологічної оцінки до інтегрованої медико-екологічної моделі ризику.

Результати узгоджуються з висновками досліджень, у яких доведено, що основними факторами поширення забруднення є гідрогеологічні умови, тип ґрунтів, наявність водоносних горизонтів та кліматичні параметри [4–7]. Зокрема, у роботах з оцінювання міграції забруднювачів підкреслюється роль гранулометричного складу ґрунтів, глибини залягання водоносних горизонтів та швидкості підземного стоку у формуванні сценаріїв забруднення. Отримані в дослідженні результати підтверджують ці положення, але доповнюють їх урахуванням фактора воєнного навантаження, який визначає початковий склад та масштаб небезпеки забруднення.

Запропонований поділ проявів фізіологічної дії на субгострий та пролонгований типи частково корелює з усталеними токсикологічними підходами, що розрізняють гострий, підгострий та хронічний вплив небезпечних речовин на організм людини [6, 10, 13, 19, 20]. Однак у даному дослідженні класифікацію адаптовано до умов управління надзвичайними ситуаціями в зоні бойового ураження. Така адаптація має прикладне значення, оскільки дозволяє пов'язати тип фізіологічної реакції з конкретними шляхами надходження токсикантів і, відповідно, з управлінськими рішеннями щодо водопостачання, харчування та обмеження контактів із забрудненим середовищем.

Особливістю отриманих результатів є включення до системи факторів не лише природних та техногенних умов, а й параметрів воєнного навантаження, цільового призначення земель, стану критичної інфраструктури та соціальної вразливості населення. Такий підхід розширює традиційні моделі оцінки екологічного ризику, які здебільшого обмежуються природними чинниками, і відповідає сучасним концепціям комплексного управління ризиками, що поєднують екологічні, соціальні та інфраструктурні компоненти.

Запропонований дворівневий поділ прояву фізіологічної дії має низку обмежень. По-перше, він базується переважно на аналітичному узагальненні наукових джерел і не спирається на масштабні емпіричні дані з польових досліджень. По-друге, у роботі не проведено кількісної оцінки впливу окремих факторів, що ускладнює визначення їх відносної ваги в загальній системі ризику. По-третє, не враховано специфіку окремих типів забруднювачів та їх комбіновану дію, що може змінювати часові характеристики прояву фізіологічних ефектів.

Крім того, запропонована класифікація потребує подальшої верифікації на основі:

- польових досліджень у реальних умовах уражених територій;
- лабораторних експериментів щодо токсикологічних ефектів;
- математичного моделювання сценаріїв поширення забруднення.

З наукової точки зору, результати дослідження можуть бути розглянуті як концептуальна рамка для побудови інтегрованих моделей оцінки ризику, що поєднують:

- 1) параметри воєнного ураження;

- 2) екологічні умови території;
- 3) соціально-демографічні характеристики населення;
- 4) функціонування критичної інфраструктури.

З практичної точки зору, запропонована систематизація факторів дозволяє:

- визначати території з найбільш імовірним субгострим проявом небезпеки;
- прогнозувати зони пролонгованого ризику;
- обґрунтовувати пріоритетність заходів моніторингу та захисту населення.

Отже, результати дослідження доповнюють існуючі підходи до оцінювання екологічних наслідків бойових уражень, інтегруючи їх із медико-біологічними та управлінськими аспектами.

Висновки

Встановлено характер прояву фізіологічної дії небезпеки забруднення ґрунтів та ґрунтових вод на здоров'я населення на територіях, які зазнали ракетно-артилерійських уражень. Визначено субгострі та пролонговані ефекти, які пов'язані з конкретними шляхами надходження токсикантів. Адаптовано класичну токсикологічну класифікацію до умов управління надзвичайними ситуаціями, що дозволяє інтегрувати фізіологічні наслідки у методологію превентивного захисту та управлінських рішень щодо водопостачання, харчування та обмеження контактів населення з забрудненим середовищем. Розроблена схема оцінки ризику, яка охоплює природні, техногенні, воєнні, соціальні та інфраструктурні чинники.

Проаналізовано вплив факторів навколишнього середовища на поширення небезпеки забруднення, зумовленої ураженням територій ракетно-артилерійськими системами, зокрема гідрогеологічних та метеорологічних умов, типу ґрунтів, наявності водоносних горизонтів, стану критичної інфраструктури та соціальної вразливості населення. Поєднано природні та антропогенні фактори із специфікою воєнного навантаження, що дозволяє прогнозувати просторово-часову динаміку забруднення та визначати пріоритетні зони моніторингу та захисту.

Фінансування

Це дослідження не отримало конкретної фінансової підтримки.

Конкуруючі інтереси

Автори заявляють, що у них немає конкуруючих інтересів.

Список використаних джерел

1. Рашкевич Н. В., Мирошник О. М., Шевченко Р. І. Аналіз сучасного стану попередження надзвичайних ситуацій пов'язаних з небезпекою ґрунтових вод. *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація*, 2023. Т. 7. № 2. С. 193–216. DOI: <https://doi.org/10.31731/2524.2636.2023.7.2.193.216>
2. Рашкевич Н. В. Аналіз сучасного стану попередження надзвичайних ситуацій на територіях України, які зазнали ракетно-артилерійських уражень. *Комунальне господарство міст*, 2023. Т. 4. Вип. 178. С. 232–251. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-4-178-232-251>
3. Рашкевич Н. В. Визначення основних джерел забруднення ґрунтів та водних ресурсів під час військових конфліктів. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «*Problems of Emergency Situations*». Черкаси: НУЦЗ України, 2025. С. 119–120.

4. Al-Hashimi O., Hashim K., Loffill E., Marolt Čebašek T., Nakouti I., Faisal A.A., Al-Ansari N. A comprehensive review for groundwater contamination and remediation: occurrence, migration and adsorption modelling. *Molecules*, 2021. Vol. 26. Is. 19. 5913. <https://doi.org/10.3390/molecules26195913>
5. Le V. A., Wainwright H. M., Gonzalez-Raymat H., Eddy-Dilek C. Machine Learning Algorithms to Assess Site Closure Time Frames for Soil and Groundwater Contamination. *arXiv preprint arXiv:2411.10214*, 2024. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2411.10214>
6. Kayastha V., Patel J., Kathrani N., Varjani S., Bilal M., Show P. L., ... Bui X.T. New Insights in factors affecting ground water quality with focus on health risk assessment and remediation techniques. *Environmental Research*. 2022. Vol. 212. 113171. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113171>
7. Jain H. Groundwater vulnerability and risk mitigation: a comprehensive review of the techniques and applications. *Groundwater for Sustainable Development*, 2023. Vol. 22. 100968. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2023.100968>
8. Abu-Bakr H. A. A. Groundwater vulnerability assessment in different types of aquifers. *Agricultural Water Management*, 2020. Vol. 240, 106275. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106275>
9. Удалов І. В., Кононенко А. В., Міхалкова Н. В. Комплексна оцінка факторів вразливості якості підземних вод у сучасних умовах. *Слобожанський науковий вісник. Серія: Природничі науки*, 2025. № 1. С. 138–143. <https://doi.org/10.32782/naturalspu/2025.1.20>
10. Landrigan, P. J., Fuller, R., Acosta, N. J., Adeyi, O., Arnold, R., Baldé, A. B., ...Zhong, M. The Lancet Commission on pollution and health. *The Lancet Commissions*, 2018. Vol. 391. Is. 10119. P. 462–512.
11. Economou-Eliopoulos M., Megremi I. Contamination of the soil–groundwater–crop system: Environmental risk and opportunities. *Minerals*, 2021. Vol. 11. Is. 7. 775. <https://doi.org/10.3390/min11070775>
12. Fajčíková K., Cvečková V., Stewart A., Rapant S. Health risk estimates for groundwater and soil contamination in the Slovak Republic: a convenient tool for identification and mapping of risk areas. *Environmental Geochemistry and Health*, 2014. Vol. 36. P. 973–986. <https://doi.org/10.1007/s10653-014-9620-1>
13. Münzel T., Hahad O., Daiber A., Landrigan P. J. Soil and water pollution and human health: what should cardiologists worry about? *Cardiovascular Research*, 2023. Vol. 119. Is. 2. P. 440–449. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvac064>
14. Рашкевич Н. В., Лобойченко В. М., Шевченко Р. І. Мінімізація наслідків екологічної небезпеки території, внаслідок їх вогневого ураження боєприпасами: матеріали І Міжнародна науково-практична конференція «Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022». Полтава, 26 – 27 травня 2022 р. С. 113–116.
15. Бондаренко А. Ю., Рашкевич Н. В., Лобойченко В. М., Шевченко Р. І. Інноваційні підходи в попередженні надзвичайних ситуацій, пов'язаних із забрудненням водних об'єктів населених пунктів, де відбувались бойові дії: матеріали І Міжнародна науково-практична конференція «Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій - 2022». Полтава, 26 – 27 травня 2022 р. С. 500–502.
16. Рашкевич Н. В. Фактори впливу на розподіл важких металів у ґрунтовому середовищі: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations». Харків: НУЦЗ України, 2022 р. С. 217–218.
17. Рашкевич Н. В., Шевченко Р. І., Ребров О. В. Обґрунтування процедур з оптимізації відбору проб ґрунту з метою попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations». Харків: НУЦЗ України, 2024 р. С. 93–94.

18. Рашкевич Н. В., Бондаренко А. Ю. Розгляд умов існування математичної моделі аналізу небезпечного впливу ракетно-артилерійських уражень на стан ґрунтових вод: матеріали XVIII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Екологічна безпека держави», 2023. С. 33–35.
19. World Health Organization. Principles and Methods for the Risk Assessment of Chemicals in Food. *Environmental Health Criteria* 240, 2010. 34 p. <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/5c7af452-cafd-4b9d-8895-f6477d32a4ca/content>
20. Zolghadri S., Rahimpour E., Rahimpour M. R. Short-term and long-term health problems in exposure to chemicals. In *Crises in Oil, Gas and Petrochemical Industries*. Vol. 1: Disasters and Environmental Challenges, 2023. P. 239–253. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95154-8.00009-8>
21. Сплодитель А., Голубцов О., Чумаченко С., Сорокіна Л. Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу. 2023. 155 с. <https://agro.dn.gov.ua/wp-content/uploads/2023/04/zabrudnennia-zemel-vid-rosii2.pdf>
22. Tew K. Fetter C. W., Boving T., Kreamer D. (eds). Contaminant Hydrogeology. *Environmental Earth Sciences*, 2018. Vol. 77. 745 p. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7921-5>
23. Про затвердження Класифікації видів цільового призначення земель : наказ Державного комітету України по земельних ресурсах від 23.07.2010 № 548. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1011-10> (дата звернення: 11.02.2026).
24. Liedekerke M., Prokop G., Rabl-Berger S., Kibblewhite M., Louwagie G. *Progress in the management of contaminated sites in Europe*. 2014. 72 p.
25. Arvidsson B. *Cascading effects and critical infrastructure: Methods, challenges, and implications*. Division of Risk Management and Societal Safety, Faculty of Engineering, Lund University. 2024. 88 p.
26. World Health Organization. *Guidelines for drinking-water quality: incorporating the first and second addenda*. 2022. 614 p.

References

1. Rashkevych, N. V., Myroshnyk, O. M., & Shevchenko, R. I. (2023). Analysis of the current state of emergency prevention related to groundwater hazards. *Nadzvychaini sytuatsii: Poperedzhennia ta likvidatsiia*, 7(2), 193–216. <https://doi.org/10.31731/2524.2636.2023.7.2.193.216>
2. Rashkevych, N. V. (2023). Analysis of the current state of emergency prevention in the territories of Ukraine affected by missile and artillery strikes. *Komunalne hospodarstvo mist*, 4(178), 232–251. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-4-178-232-251>
3. Rashkevych, N. V. (2025). Identification of the main sources of soil and water contamination during military conflicts. In *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Problems of Emergency Situations”* (pp. 119–120). National University of Civil Protection of Ukraine.
4. Al-Hashimi, O., Hashim, K., Loffill, E., Marolt Čebašek, T., Nakouti, I., Faisal, A.A., & Al-Ansari, N. (2021). A comprehensive review for groundwater contamination and remediation: occurrence, migration and adsorption modelling. *Molecules*, 26(19), 5913. <https://doi.org/10.3390/molecules26195913>
5. Le, V.A., Wainwright, H.M., Gonzalez-Raymat, H., & Eddy-Dilek, C. (2024). Machine Learning Algorithms to Assess Site Closure Time Frames for Soil and Groundwater Contamination. *arXiv preprint arXiv:2411.10214*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2411.10214>
6. Kayastha, V., Patel, J., Kathrani, N., Varjani, S., Bilal, M., Show, P. L., ... & Bui, X. T. (2022). New Insights in factors affecting ground water quality with focus on health risk assessment and

- remediation techniques. *Environmental Research*, 212, 113171. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113171>
7. Jain, H. (2023). Groundwater vulnerability and risk mitigation: a comprehensive review of the techniques and applications. *Groundwater for Sustainable Development*, 22, 100968. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2023.100968>
8. Abu-Bakr, H. A. A. (2020). Groundwater vulnerability assessment in different types of aquifers. *Agricultural Water Management*, 240, 106275. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106275>
9. Udalov, I. V., Kononenko, A. V., & Mikhalkova, N. V. (2025). Comprehensive assessment of vulnerability factors of groundwater quality under modern conditions. *Slobozhanskyi scientific bulletin. Series: Natural sciences*, 1, 138–143. <https://doi.org/10.32782/naturalspu/2025.1.20>
10. Landrigan, P. J., Fuller, R., Acosta, N. J., Adeyi, O., Arnold, R., Baldé, A. B., ... & Zhong, M. (2018). The Lancet Commission on pollution and health. *The Lancet Commissions*, 391(10119), 462–512.
11. Economou-Eliopoulos, M., & Megremi, I. (2021). Contamination of the soil–groundwater–crop system: Environmental risk and opportunities. *Minerals*, 11(7), 775. <https://doi.org/10.3390/min11070775>
12. Fajčíková, K., Cvečková, V., Stewart, A., & Rapant, S. (2014). Health risk estimates for groundwater and soil contamination in the Slovak Republic: a convenient tool for identification and mapping of risk areas. *Environmental Geochemistry and Health*, 36, 973–986. <https://doi.org/10.1007/s10653-014-9620-1>
13. Münzel, T., Hahad, O., Daiber, A., & Landrigan, P. J. (2023). Soil and water pollution and human health: what should cardiologists worry about? *Cardiovascular Research*, 119(2), 440–449. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvac064>
14. Rashkevych, N. V., Loboychenko, V. M., & Shevchenko, R. I. (2022). Minimization of environmental hazard consequences in territories affected by ammunition strikes. In *Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference “Overcoming Environmental Risks and Threats in Emergency Conditions”* (pp. 113–116).
15. Bondarenko, A. Yu., Rashkevych, N. V., Loboychenko, V. M., & Shevchenko, R. I. (2022). Innovative approaches to emergency prevention related to water body contamination in settlements affected by hostilities. In *Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference “Overcoming Environmental Risks and Threats in Emergency Conditions”* (pp. 500–502).
16. Rashkevych, N. V. (2022). Factors influencing the distribution of heavy metals in the soil environment. In *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Problems of Emergency Situations”* (pp. 217–218). National University of Civil Protection of Ukraine.
17. Rashkevych, N. V., Shevchenko, R. I., & Rebrov, O. V. (2024). Justification of procedures for optimizing soil sampling to prevent technogenic emergencies. In *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Problems of Emergency Situations”* (pp. 93–94). National University of Civil Protection of Ukraine.
18. Rashkevych, N. V., & Bondarenko, A. Yu. (2023). Consideration of the conditions for the existence of a mathematical model of hazardous impact of missile and artillery strikes on groundwater. In *Proceedings of the 18th All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Students “Environmental Safety of the State”* (pp. 33–35).
19. World Health Organization. Principles and Methods for the Risk Assessment of Chemicals in Food. *Environmental Health Criteria* 240. (2010). 34. <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/5c7af452-cafd-4b9d-8895-f6477d32a4ca/content>

20. Zolghadri, S., Rahimpour, E., & Rahimpour, M. R. (2023). Short-term and long-term health problems in exposure to chemicals. *In Crises in Oil, Gas and Petrochemical Industries*, Vol. 1: Disasters and Environmental Challenges. 239–253. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95154-8.00009-8>
21. Spoditely, A., Golubtsov, O., Chumachenko, S., & Sorokina, L. (2023). The impact of the Russian war against Ukraine on the state of Ukrainian soils. Results of the analysis. 155. <https://agro.dn.gov.ua/wp-content/uploads/2023/04/zabrudnennia-zemel-vid-rosii2.pdf>
22. Tew, K. Fetter C. W., Boving T., Kreamer D. (eds). (2018). Contaminant Hydrogeology. *Environmental Earth Sciences*, 77, 745. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7921-5>
23. On approval of the Classification of Land Use Types: Order of the State Committee of Ukraine for Land Resources dated July 23, 2010 No. 548. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1011-10>
24. Liedekerke, M., Prokop, G., Rabl-Berger, S., Kibblewhite, M., & Louwagie, G. (2014). *Progress in the management of contaminated sites in Europe*, 72.
25. Arvidsson, B. (2024). *Cascading effects and critical infrastructure: Methods, challenges, and implications*. Division of Risk Management and Societal Safety, Faculty of Engineering, Lund University, 88.
26. World Health Organization. *Guidelines for drinking-water quality: incorporating the first and second addenda*. (2022). 614.



This is an open access journal and all published articles are licensed under a Creative Commons «Attribution» 4.0.