

Н.В. Рашкевич¹, І.І. Рушак¹, О.С. Рашкевич²

¹Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

²Головне управління Державної служби України з надзвичайних ситуацій у Харківській області

АНАЛІЗ ДИНАМІКИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ, СПРИЧИНЕНИХ РАКЕТНО-АРТИЛЕРІЙСЬКИМИ ОБСТРІЛАМИ

У статті проаналізовані наслідки надзвичайних ситуацій на територіях, уражених ракетно-артилерійськими системами. Проведено класифікацію первинних та вторинних загроз за характером впливу, масштабами поширення та тривалістю дії. Окреслено фізіологічні прояви забруднення ґрунту та ґрунтових вод, виокремлено п'ять груп небезпечних речовин. Охарактеризовано механізми їх дії – від гострих до хронічних ефектів. Запропоновано підхід до управління надзвичайними ситуаціями на основі систематизації загроз.

Ключові слова: надзвичайні ситуації, ракетно артилерійські ураження, первинні та вторинні загрози, забруднення ґрунту, забруднення ґрунтових вод.

Постановка проблеми

Ракетно-артилерійські системи (РАС) належать до високоточної зброї, які завдають масштабних руйнувань. Внаслідок їх дії виникають надзвичайні ситуації (НС), що впливають не лише на безпосередньо об'єкти ураження, а й на населення та навколишнє середовище. Зокрема, крім механічного або термічного впливу, формується низка загроз. При цьому процес запобігання НС ускладнюється просторово-часовими змінами, нестачею даних у зоні конфлікту. У зв'язку з цим постає необхідність інформаційно-технічного наповнення системи цивільного захисту, яке б забезпечувало своєчасне виявлення, моніторинг і прогнозування НС на територіях, що зазнали ураження РАС.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Наукові дослідження спрямовані на поглиблення вивчення наслідків НС у зонах бойових дій.

Автори [1] розглядають особливості планування, підготовки та проведення заходів із захисту населення та територій від наслідків бойових дій, а також специфіку реагування на НС, пов'язані з руйнуванням інфраструктури, екологічними загрозами та соціально-психологічними викликами.

Робота [2] містить огляд принципів управління ризиками, зокрема в умовах військових конфліктів, що робить її цінним ресурсом для розробки ефективних стратегій цивільного захисту та

мінімізації наслідків небезпеки. Увага приділяється координації дій між різними службами та залученню громадськості для підвищення стійкості населення до небезпек.

Дослідниками [3] зосереджено увагу на пожежній безпеці в умовах воєнних дій, що допомагає усвідомити характер пожеж і вибухів як однієї з загроз після ураження територій.

Також розглядаються екологічні аспекти, зокрема забруднення навколишнього середовища. Дослідження [4] акцентують увагу на оцінці ризиків впливу збройних конфліктів на екосистеми, що підкреслює екологічний вимір проблематики.

Автори [5] проводять оцінку ризику хімічної небезпеки НС після руйнування Каховської дамби в червні 2023 року, поєднуючи дані про розташування хімічних підприємств, зон їх затоплення й потенціальний вплив на населення. Продемонстровано, як первинне руйнування дамби породжує послідовний ланцюг ризиків – від забруднення води до загрози здоров'ю населення.

Дослідження [6] ілюструє, як ураження інфраструктури критичних об'єктів викликає довгострокові екологічні кризи та обмежену реакцію через безпекові бар'єри.

У статті [7] розглядається, як каскадні події трансформуються у синергетичні загрози. Збройний конфлікт підсилює природні катастрофи шляхом зростання вразливості населення [8].

Дослідники [9] надають нові підходи до захисту довкілля під час військових дій, а дослідження [10] висвітлюють питання екологічної безпеки та вразливості здоров'я у постконфліктних регіонах.

У статті [11] проведено аналіз сучасного стану заходів попередження НС, пов'язаних з небезпекою ґрунтових вод, що дозволяє окреслити основні виклики і напрями вдосконалення систем моніторингу та захисту водних ресурсів. Розроблений підхід оцінки впливу ракетно-артилерійських уражень на стан ґрунтових вод у міських агломераціях [12] сприяє прогнозуванню ризиків та плануванню заходів реагування.

Інформаційно-технічний метод попередження НС, описаний у дослідженні [13], пропонує алгоритми управління ризиками на уражених територіях. Водночас методика дистанційного моніторингу [14] сприяє оперативному виявленню НС техногенного характеру, пов'язаних із забрудненням довкілля після бойових дій.

Робота [15] доповнює комплексний підхід до виявлення важких металів у донних відкладеннях для оцінки екологічного стану в районах.

В роботі [16] обґрунтовано необхідність міждисциплінарного управління ризиками – від гідрогеологічного та токсикологічного аналізу до організаційно-правових заходів запобігання надзвичайним ситуаціям.

Нормативні документи, такі як Наказ МВС України № 658 від 06.08.2018 та Постанова Кабінету Міністрів України № 368 від 24.03.2004, забезпечують законодавчу основу для класифікації НС за рівнями та ознаками, що є важливою складовою систематизації та координації заходів цивільного захисту [17, 18]. Державний класифікатор надзвичайних ситуацій ДК 019:2010 [19] доповнює цю систему, встановлюючи чіткі коди та типи НС, що сприяє уніфікації інформації та ефективнішому управлінню безпекою.

В роботі [20] надано базові підходи до оцінки якості питної води та встановлення гігієнічних нормативів. У них визначено граничні значення для хімічних і радіологічних забруднювачів, методи моніторингу та принципи формування гранично допустимої концентрації (ГДК). Ці матеріали є орієнтиром для порівняння результатів аналізу ґрунтів та підземних вод у зонах ураження РАС та для оцінки придатності води й харчових продуктів.

Дослідники [21] розглядає статистичні методи оцінки ризику від слідів металевого забруднення. Використання багатовимірного аналізу, індексів геоаккумуляції та коефіцієнтів збагачення допомагає визначати джерела забруднення й відрізнити техногенні впливи від природних.

У дослідженні [22] оцінюється вплив забруднення підземних вод біля звалищ на здоров'я населення. Використані індекси безпеки (НҚ/НІ) та канцерогенного ризику показали перевищення нормативів і підвищене навантаження на систему охорони здоров'я. Методика є придатною для

локальних оцінок ризику в умовах руйнування інфраструктури при РАС.

В огляді [23] висвітлені шляхи розсіювання компонентів боєприпасів у ґрунтах та підземних водах. Розглянуто властивості, що визначають їхню мобільність – розчинність, сорбцію, біодеградацію та гідрогеологічні фактори. Це створює основу для моделювання міграції вибухових речовин, визначення зон ризику та вибору методів очищення чи ізоляції забруднених ділянок.

Таким чином, наукові дослідження акцентують увагу на важливості міждисциплінарних підходів, інтеграції інформаційно-технічних систем моніторингу, а також на необхідності вдосконалення методів управління ризиками з урахуванням каскадних ефектів та екологічних загроз. Нормативна база забезпечує впорядкування та уніфікацію класифікації НС, що сприяє підвищенню ефективності заходів цивільного захисту.

Мета та завдання статті

Мета дослідження полягає у систематизації наслідків безпеки для населення на територіях, що зазнали ураження ракетно-артилерійськими системами, з урахуванням просторово-часових характеристик впливу та потреб управління надзвичайними ситуаціями.

Об'єктом дослідження є процеси виникнення та розвитку надзвичайних ситуацій на територіях, які зазнали ракетно-артилерійських уражень.

Предметом дослідження є характер та тривалість впливу небезпечних чинників ракетно-артилерійських уражень на населення з урахуванням первинних і вторинних загроз.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- провести аналіз потенційних надзвичайних ситуацій на територіях, що зазнали ураження ракетно-артилерійськими системами;

- класифікувати загрози за характером впливу, масштабами поширення та часовою тривалістю дії, що виникають в результаті потенційних надзвичайних ситуацій на територіях, що зазнали ураження ракетно-артилерійськими системами;

- класифікувати наслідки безпеки забруднення ґрунтів та ґрунтових вод для населення за формою та швидкістю прояву, що забезпечить формування методологічної бази для ефективного управління надзвичайними ситуаціями на уражених територіях.

Виклад основного матеріалу

Відповідно до Наказу МВС України № 658 від 06.08.2018 [17] та Класифікатора надзвичайних ситуацій ДК 019:2010 [19], потенційні НС, які

виникають внаслідок ураження територій РАС відносяться до НС воєнного характеру.

Внаслідок дії вибухової хвилі, займання горючих матеріалів можуть виникнути НС техногенного характеру, зокрема НС унаслідок пожеж, вибухів (коди 10200–10270). Пожежі та вибухи на об'єктах, де зберігаються або використовуються легкозаймисті та вибухонебезпечні речовини (код 10220), а також на військових арсеналах (код 10260).

В результаті руйнування промислових об'єктів та сховищ можуть статися аварії з викиданням (загрозою викидання) небезпечних хімічних речовин (код 10300–10320), що викликають масштабне забруднення навколишнього середовища і створюють загрозу для здоров'я населення.

Крім того, ураження територій може спричинити забруднення навколишнього середовища шкідливими (забруднюючими) і радіоактивними речовинами (коди 10400–10421, 10430–10433). Це можливе у разі пошкодження підприємств з виробництва або зберігання хімічних і радіоактивних матеріалів, а також у разі порушення екологічної безпеки довкілля.

Також слід враховувати аварії з викиданням радіоактивних речовин (коди 10500–10560), що можуть виникнути при руйнуванні ядерних об'єктів, енергостанцій, наукових установ або транспортних засобів, що перевозять радіоактивні матеріали.

Серед інших потенційних наслідків – раптове руйнування будівель і споруд (коди 10600–106400), що веде до значних людських жертв і втрат житлової, промислової та інженерної інфраструктури.

Не менш небезпечними є аварії в електроенергетичних системах (коди 10700–10770) та системах життєзабезпечення (коди 10800–10840), що виникають через пошкодження електростанцій, теплових мереж, водопостачання, каналізації, газопроводів і телекомунікацій, що порушує нормальне функціонування населених пунктів.

У разі руйнування очисних споруд (коди 11000–11020) можливе забруднення водних ресурсів, що посилює санітарно-епідеміологічну небезпеку.

Внаслідок ураження територій ракетно-артилерійськими системами можуть виникати НС природного характеру – медико-біологічні НС (код 20700), що пов'язані з безпосереднім або опосередкованим впливом на здоров'я населення та стан довкілля.

До таких ситуацій належать інфекційні захворювання людей (код 20710), що можуть

проявлятися у вигляді окремих випадків особливо небезпечних інфекцій (код 20711), групових випадків (код 20712), епідемічних спалахів (код 20713), а також масштабних епідемій (код 20714) і пандемій (код 20715). В умовах бойових дій і руйнувань інфраструктури знижується рівень санітарії, порушується водопостачання та доступ до медичної допомоги, що створює сприятливі умови для поширення інфекційних хвороб, зокрема із невизначеною етіологією (код 20716).

Потенційною є загроза масових отруєнь населення (код 20720) через вживання неякісних продуктів харчування (20721) або забрудненої питної води (код 20722), а також отруєнь токсичними або іншими небезпечними речовинами як у поодиноких (код 20723), так і у групових (код 20724) та масових випадках (код 20725). Також ймовірні масові отруєння (код 20740) або загибель диких тварин (код 20750).

НС техногенного та природного характеру можуть виникати окремо або одночасно, мати каскадну послідовність розвитку. Це ускладнює прогнозування, реагування та ліквідацію наслідків.

Визначення рівня потенційних НС на територіях, що зазнали ураження РАС, здійснюється з урахуванням класифікаційних ознак НС та рівнів їх територіального поширення відповідно до [17, 18]. Залежно від масштабів руйнувань, кількості постраждалих осіб, тривалості порушення життєдіяльності населення, а також обсягів заподіяних матеріальних збитків, НС може набувати об'єктового, місцевого, регіонального або державного рівнів.

Для оцінки потенційних НС необхідно враховувати природу самих загроз, які формуються внаслідок бойових дій – доцільно розмежовувати первинні та вторинні загрози, що виникають для населення в умовах ураження територій РАС.

Первинні та вторинні загрози для населення (табл. 1) характеризуються джерелом виникнення, характером впливу, масштабами поширення та часовою тривалістю дії. Первинні загрози мають безпосередній зв'язок із ураженням території ракетно-артилерійськими системами (РАС) та виникають у момент ураження або невдовзі після нього.

Натомість вторинні загрози мають відтермінований характер і проявляються внаслідок розвитку первинних загроз. Вони можуть охоплювати більші території, мати тривалий вплив та порушувати різні сфери життєдіяльності населення.

Таблиця 1.

Первинні та вторинні загрози для населення внаслідок ураження територій РАС

Тип загрози	Зміст загрози	Характер впливу	Масштаби поширення (рівень)	Часова тривалість дії
Первинні загрози	Вибухи, пожежі	Миттєвий руйнівний ефект, термічні опіки, шокова травма організму	Об'єктовий, місцевий	Короткочасна
	Руйнування житлових, промислових і транспортних об'єктів	Фізична небезпека, втрата майна	Об'єктовий, місцевий	Короткочасна
	Загибель та травмування населення	Пряме ураження здоров'я та життя	Об'єктовий, місцевий	Миттєва
	Механічні пошкодження інфраструктури (електро-, водо-, газопостачання)	Порушення життєдіяльності	Місцевий, регіональний	Короткочасна та середньострокова
	Пошкодження об'єктів підвищеної небезпеки	Загроза аварій з викидом хімічних, радіоактивних чи біологічних агентів	Об'єктовий, місцевий	Миттєва з потенціалом тривалого впливу
Вторинні загрози	Забруднення ґрунтів та вод	Кумуляція шкідливих речовин, отруєння населення	Місцевий, регіональний, державний	Середньо- і довгострокова
	Порушення санітарно-епідеміологічного стану	Підвищення ризику епідемій	Місцевий, регіональний, державний	Середньо- та довгострокова
	Масові отруєння, захворювання, інфекційні спалахи	Тиск на систему охорони здоров'я	Місцевий, регіональний, державний	Середньо- та довгострокова
	Соціально-психологічні наслідки (стрес, депресія, роз'єднання родин)	Погіршення психосоціального стану	Регіональний, державний	Середньо- та довгострокова
	Деградація екосистем, втрата біорізноманіття, порушення агроекологічної рівноваги	Зниження продуктивності земель, порушення природних циклів, подальша втрата природних ресурсів	Місцевий, регіональний, державний	Довгострокова

Вторинні загрози є функцією первинних:

$$Z_s = f(Z_p, C) \quad (1)$$

де C – вектор умов: $C = [C_1, C_2, \dots, C_m]$, де C_1 – інтенсивності обстрілів, C_2 – щільності забудови, C_3 – щільність населення тощо (наявності критичних об'єктів інфраструктури, ступеня техногенної та екологічної насиченості територій, ефективність функціонування системи цивільного захисту);

Z_p – вектор первинних загроз: $Z_p = [Z_1, Z_2, \dots, Z_n]$, де Z_1 – вибух, Z_2 – пожежа, Z_3 – руйнування будівель тощо;

Z_s – вектор вторинних загроз: $Z_s = S_1, S_2, \dots, S_k$, де S_1 – забруднення ґрунтів, S_2 – забруднення вод, S_3 – порушення санітарно-епідеміологічного стану тощо.

Сумарний індекс ризику R для населення:

$$R = \sum_{i=1}^n \omega_i z_i + \sum_{j=1}^n v_j s_j \quad (2)$$

де z_i – оцінка інтенсивності первинної загрози i ($0 \dots 1$), s_j – оцінка інтенсивності вторинної загрози j ($0 \dots 1$), ω_i, v_j – вагові коефіцієнти важливості первинних та вторинних загроз відповідно.

Враховуючи питання актуальності пов'язаною із забрудненням ґрунтів, для формування методологічної бази ефективного управління

надзвичайними ситуаціями на уражених територіях, доцільно класифікувати наслідки небезпеки за формою прояву та тривалістю з метою попередження та запобігання:

- НС унаслідок наявності в ґрунті шкідливих (забруднювальних) речовин понад ГДК (код 10410);
- НС унаслідок наявності у воді шкідливих (забруднювальних) речовин понад ГДК (код 10430);

– НС, пов'язані з отруєнням людей (код 20720) (у результаті споживання неякісних продуктів харчування – код 20721; неякісної питної води – код 20722; з отруєнням людей токсичними або іншими речовинами (окремі випадки) – код 20723, групові випадки – код 20724, масові випадки – код 20725).

Класифікація наслідків небезпеки забруднення для населення враховує, з одного боку, форму прояву, а з іншого – швидкість їх прояву (табл. 2).

Таблиця 2.

Класифікація наслідків небезпеки забруднення для населення за формою та швидкістю прояву

Критерій класифікації	Категорія	Опис
Форма прояву	Фізіологічний	Безпосередній вплив токсичних речовин на органи і системи організму: інтоксикація, алергічні реакції, мутації, канцерогенна дія
	Санітарно-епідеміологічний	Поширення інфекційних хвороб, зростання бактеріального та вірусного навантаження у воді, повітрі, ґрунті
	Психосоціальний	Зростання тривожності, депресій, паніки серед населення; зниження довіри до інституцій; вимушена міграція
	Соціально-економічний	Порушення роботи підприємств, втрати врожаїв, скорочення робочих місць, збільшення витрат на медичне обслуговування
Швидкість прояву	Екологічний	Погіршення стану екосистем, зниження біорізноманіття, порушення ґрунтової родючості та якості питної води
	Гострий (миттєвий)	Виникає одразу після контакту з забруднювальними речовинами – отруєння, опіки, алергії, раптові спалахи захворювань
	Відстрочений (через декілька днів/тижнів)	Реакції, що проявляються з часом – хронічні отруєння, інфекційні ускладнення, кумулятивна дія токсинів
	Пролонгований (довгостроковий, через декілька місяців/років)	Наслідки, які формуються протягом місяців чи років – онкозахворювання, генетичні зміни, деградація довкілля, міграція населення, зміна демографічної структури

Типовими забруднювачами ґрунтів та ґрунтових вод на територіях, що зазнали ураження РАС, є речовини різного походження та ступеня токсичності. Вони формуються внаслідок згоряння, вибуху самої РАС, згоряння, вибуху, розливу або пошкодження об'єктів інфраструктури, що містять небезпечні компоненти.

При детальному розгляді фізіологічної форми прояву наслідків небезпеки забруднення, як найбільше небезпечну категорію для населення, кожен групу забруднювачів можна описати за джерелом походження, характером впливу та швидкістю прояву (табл. 3).

Таблиця 3.

Прояв наслідків небезпеки забруднення ґрунту відповідно до групи речовин

№	Група речовин	Джерело походження	Характер впливу	Швидкість прояву
1	Важкі метали	Руйнування боеприпасів, техніки, конструкцій; міграція із забрудненого ґрунту	Кумулятивна токсичність; нейро- та нефротоксичні ефекти	Ґрунт – пролонгована; вода – відстрочена, пролонгована
2	Органічні сполуки	Неповне згоряння палива; виливи ПММ	Канцерогенна й мутагенна дія; пригнічення імунітету	Ґрунт – відстрочена; вода – гостра, відстрочена
3	Залишки вибухових речовин	Нездетоновані або розмелені фрагменти боеприпасів	Ураження кровотворної та імунної систем; пригнічення ферментів	Ґрунт – відстрочена; вода – гостра
4	Неорганічні токсиканти	Розпад органічних сполук; міграція з техногенних об'єктів	Метгемоглобінемія; порушення газообміну в крові; токсичний вплив на біоту	Ґрунт – відстрочена; вода – гостра, відстрочена
5	Радіонукліди	Руйнування сховищ; міграція у водоносні горизонти	Іонізуюче випромінювання; внутрішня контамінація; мутагенність	Ґрунт – пролонгована; вода – пролонгована

На основі проведеного фізіологічного аналізу ґрунтових вод [20-23] виділено п'ять основних груп наслідків небезпеки забруднення ґрунту та небезпечних речовин – важкі метали, органічні

сполуки, залишки вибухових речовин, неорганічні токсиканти та радіонукліди. Кожна з них має свій характер впливу на організм людини: від гострих

інтоксикацій і ураження кровотворної та імунної систем до кумулятивних нейро- та нефротоксичних ефектів, канцерогенних і мутагенних змін (табл. 4).

Таблиця 4.

Швидкість прояву фізіологічної форми наслідків небезпеки забруднення ґрунту та ґрунтових вод

Фізіологічна дія	Інтервал часу	Приклад
Гостра, T_1	Від кількох хвилин до кількох днів	Токсична дія фосфору, ТНТ
Відстрочена, T_2	Від кількох тижнів до місяця	Споживання забрудненої води, контакт з важкими металами
Пролонгована, T_3	Через місяці або навіть роки	Радіація, накопичення важких металів, онкогенні речовини

Швидкість прояву наслідків забруднення (тип фізіологічної дії на організм людини) безпосередньо залежать від шляху надходження токсикантів у середовище та організм людини.

При контакті через ґрунт домінують відстрочена та пролонгована дія, що зумовлено повільним мігруванням токсичних речовин, їх накопиченням у продуктах харчування (овочах, злаках, м'ясі, молоці) та тривалим контактом через шкіру або вдихання пилу.

Шлях через питну воду є значно більш прямим і швидким – тому саме в цьому випадку найчастіше спостерігаються гострі отруєння із швидким проявом симптомів.

Ці спостереження узгоджуються з токсикологічною класифікацією дії:

– гостра дія (T_1) характерна для розчинних, швидкодіючих токсикантів, як-от нітрати, ціаніди, залишки вибухових речовин, які швидко проникають в організм через воду або повітря і викликають негайну реакцію (від кількох хвилин до кількох днів);

– відстрочена дія (T_2) виникає при накопиченні речовин у тканинах організму (важкі метали, органічні сполуки), а прояв симптомів може тривати від кількох тижнів до декількох місяців після впливу;

– пролонгована дія (T_3) пов'язана з тривалим і повторюваним впливом речовин, які мають довгий період напіврозпаду або біоаккумулятивні властивості (наприклад, радіонукліди Cs-137, Sr-90, Pb, Cd), і проявляється через місяці або навіть роки після початкового ураження.

Висновки

1. Проведений аналіз потенційних надзвичайних ситуацій на територіях, що зазнали ураження ракетно-артилерійськими системами. На територіях, уражених ракетно-артилерійськими системами, можливе виникнення надзвичайних ситуацій техногенного й природного характеру, які часто мають каскадну послідовність розвитку. Характер та рівень таких ситуацій залежать від

інтенсивності обстрілів, щільності забудови й населення, наявності критичних об'єктів інфраструктури, ступеня техногенної та екологічної насиченості територій, а також від ефективності функціонування системи цивільного захисту.

2. Проведена класифікація загроз за характером впливу, масштабами поширення та часовою тривалістю дії, що виникають в результаті потенційних надзвичайних ситуацій на територіях, що зазнали ураження ракетно-артилерійськими системами. Первинні загрози, такі як вибухи, пожежі, руйнування об'єктів і миттєве пряме ураження населення, мають об'єктовий або місцевий масштаб і короткочасний (миттєвий) характер. Натомість вторинні загрози, пов'язані із забрудненням довкілля, порушенням санітарно-епідеміологічного стану, масовими отруєннями, а також соціально-психологічними й екологічними наслідками, охоплюють місцевий, регіональний або навіть державний рівень і проявляються відстрочено чи пролонговано.

3. Проведена класифікація наслідків небезпеки забруднення ґрунтів та ґрунтових вод для населення за формою та швидкістю прояву. Основні групи забруднювачів – важкі метали, органічні токсиканти, вибухові речовини, неорганічні токсиканти і радіонукліди, – мають різні фізіологічні механізми ураження та швидкість прояву: для ґрунту характерна переважно пролонгована або відстрочена швидкість прояву; для питної води – частіше гостре проявлення симптомів. Ця специфікація є основою для розробки методології ефективного управління надзвичайними ситуаціями на уражених територіях.

Література

1. Особливості цивільного захисту в умовах воєнного конфлікту: колективна монографія / за редакцією Р. Мугаверо, В. Андроніова, М. Кустова [та ін.] ; Харків – Рим, 2023. – 238 с. – Режим доступу: https://nuczu.edu.ua/images/myfolder/23.11.23ku/136_2023_CEMEC_libro_A5.pdf
2. Alexander, D. Disaster and Emergency Planning for Preparedness, Response, and Recovery. Oxford University

- Press. – 2015. – <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389407.013.12>
3. Слева, С., Смаголь, А. Пожежна безпека в умовах війни та надзвичайних ситуацій: тези доповідей XXV Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Політ. Сучасні проблеми науки. військова освіта та наука». – К.: ДУ КАІ, 2025. – С. 48–49.
4. Kyrypchova, I. Identifying the risks of armed conflict impact on the ecosystem / I. Kyrypchova, K. Berezenko, O. Bordiuhova and others // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2024. – Issue. 127. – P. 6–14. – <http://hdl.handle.net/123456789/10277>
5. Gan, R.K. Exploring cascading disaster risk during complex emergencies: chemical industry disaster risk assessment in the aftermath of the Kakhovka Dam bombing in Ukraine / R.K. Gan, C. Alsua, A. Aregay, D. Assaf, E., Bruni, P.A. González // *Disaster medicine and public health preparedness*. – 2024. Vol. 18. – e62. – DOI: <https://doi.org/10.1017/dmp.2024.41>
6. Hook, K. Environmental dimensions of conflict and paralyzed responses: the ongoing case of Ukraine and future implications for urban warfare / K. Hook, R. Marcantonio // *Small Wars & Insurgencies*. – 2023. – Vol. 34. – № 8. – P. 1400–1428.
7. Tamulto, F. Pathways to Understanding Cascading Effects of Disasters in Fragile, Conflict and Violence (FCV) Settings / F. Tamulto, M. Hamza // *Ferdinand Alamo Tamulto Division of Risk Management and Societal Safety Faculty of Engineering, Lund University*. – 2025. – 18 p.
8. Increased human risk caused by cascading hazards—A framework / S. Zhang, B. Wang, L. Zhang, S. Lacasse, F. Nadim, Y. Chen // *Science of the total environment*. – 2023. – Vol. 857. – 159308.
9. Rayfuse, R. (Ed.). *War and the environment: new approaches to protecting the environment in relation to armed conflict*. Martinus Nijhoff Publishers. – 2014. – Vol. 45. – 234 p.
10. Briggs, C.M. Environmental health risks and vulnerability in post-conflict regions / C.M. Briggs, M. Walji, L. Anderson // *Medicine Conflict and Survival*. – 2009. – Vol. 25, Is. 2. – P. 122–133. – <https://doi.org/10.1080/13623690902943362>
11. Рашкевич, Н.В. Аналіз сучасного стану попередження надзвичайних ситуацій пов'язаних з небезпекою ґрунтових вод [Текст] / Н.В. Рашкевич, О.М. Мирошник, Р.І. Шевченко // *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація*. – 2023. – Том 7. – № 2. – С. 193–216.
12. Рашкевич, Н.В. Формування математичної моделі аналізу небезпечного впливу на стан ґрунтових вод міських агломерацій від ракетно-артилерійських уражень [Текст] / Н.В. Рашкевич, Р.І. Шевченко Р.І., Т.С. Вовчук // *Комунальне господарство міст*. – 2024. – Том 1. – Вип. 182. – С. 229–240. – DOI: 10.33042/2522-1809-2024-1-182-229-240
13. Рашкевич, Н.В. Формування алгоритму інформаційно-технічного методу попередження надзвичайної ситуації на територіях, що зазнали ракетно-артилерійських уражень [Текст] / Н.В. Рашкевич, Р.І. Шевченко, О.В. Неупор // *Комунальне господарство міст*. – 2024. – Том 3. – Вип. 184. – С. 223–228. – DOI: 10.33042/2522-1809-2024-3-184-223-228
14. Рашкевич, О.С. Формування методики лазерного моніторингу надзвичайної ситуації техногенного характеру на території, що зазнала ракетно-артилерійського ураження [Текст] / О.С. Рашкевич, Н.В. Рашкевич, Р.І. Шевченко, А.О. Хмирова // *Social Development and Security*. – 2024. – Vol. 14. – № 4. – С. 171–180. – DOI: 10.33445/sds.2024.14.4.14
15. Study of the features of determination of heavy metals in bottom sediments / V. Loboichenko, N. Nikitina, N. Leonova, O. Konovalova, A. Bondarenko, O. Zemlianskyi, N. Rashkevich, // *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2024. – Vol. 1348. – № 1. – p. 012014. – IOP Publishing.
16. Рашкевич, Н.В. Аналіз сучасного стану попередження надзвичайних ситуацій на територіях України, які зазнали ракетно-артилерійських уражень [Текст] / Н.В. Рашкевич // *Комунальне господарство міст*. – 2023. – Том 4. – Вип. 178. – С. 232–251. DOI: 10.33042/2522-1809-2023-4-178-232-251
17. Про затвердження Класифікаційних ознак надзвичайних ситуацій: Наказ МВС України від 06.08.2018 № 658. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0969-18>.
18. Про затвердження Порядку класифікації надзвичайних ситуацій за їх рівнями: Постанова КМУ від 24.03.2004 № 368. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/368-2004-%D0%BF#Text>
19. Національний класифікатор України. Класифікатор надзвичайних ситуацій ДК 019:2010. Київ, Держспоживстандарт України. – 2010. – 23 с. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va457609-10>
20. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality: incorporating the first and second addenda. World Health Organization. – 2022.
21. Ogwu, M.C. Environmental risk assessment of trace metal pollution: A statistical perspective / M.C. Ogwu, S.C. Izah, W. E. Sawyer, T. Amabie // *Environmental Geochemistry and Health*. – 2025. – Vol. 47. – № 4. – 94. – <https://doi.org/10.1007/s10653-025-02405-z>
22. Donuma, K.U. Impact and health risk assessment of groundwater in the vicinity of dumpsites in keffi Metropolis, Nigeria / K.U. Donuma, L. Ma, C. Bu, L.Y. George // *Journal of Geoscience and Environment Protection*. – 2023. – Vol. 11. – № 8. – P. 85–113. – DOI: 10.4236/gep.2023.118006
23. Rectanus, H. Attenuation pathways for munitions constituents in soils and groundwater / H. Rectanus, R. Darlington, K. Kucharzyk, S. Moore // *In TR-NAVFAC EXWC-EV-1503. Naval Facilities Engineering Command, Engineering and Expeditionary Warfare Center, Port Hueneme California*. – 2015. – DOI: 10.13140/RG.2.1.3445.5123

References

1. Osoblyvosti tsyvil'noho zakhystu v umovakh voyennoho konfliktu: kolektyvna monohrafiya. Za redaktsiyeyu R. Muhavero, V. Andronova, M. Kustova. Kharkiv – Rym, 2023. 238 s. https://nuczu.edu.ua/images/myfolder/23.11.23ku/136_2023_CEMEC_libro_A5.pdf
2. Alexander, D. (2015). *Disaster and Emergency Planning for Preparedness, Response, and Recovery*. Oxford University

- Press. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389407.013.12>
3. Yeleva, S., Smagol, A. (2025). *Fire safety in war and emergency situations*. Ministry of Education and Science of Ukraine State University" Kyiv Aviation Institute" Department of Military Training, 48.
4. Skakovskiy, S., Komarysta, B., Sopova, N., Chupryna, Y., Nosyriev, O., Bordiuhova, O., ... Kyrpychova, I. (2024). Identifying the risks of armed conflict impact on the ecosystem. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 127, 6–14.
5. Gan, R. K., Alsua, C., Aregay, A., Assaf, D., Bruni, E., González, P. A. (2024). Exploring cascading disaster risk during complex emergencies: chemical industry disaster risk assessment in the aftermath of the Kakhovka Dam bombing in Ukraine. *Disaster medicine and public health preparedness*, 18, e62.
6. Hook, K., Marcantonio, R. (2023). Environmental dimensions of conflict and paralyzed responses: the ongoing case of Ukraine and future implications for urban warfare. *Small Wars & Insurgencies*, 34(8), 1400–1428.
7. Tamulto, F., Hamza, M. (2025). *Pathways to Understanding Cascading Effects of Disasters in Fragile, Conflict and Violence (FCV) Settings*. 18 p.
8. Zhang, S., Wang, B., Zhang, L., Lacasse, S., Nadim, F., Chen, Y. (2023). Increased human risk caused by cascading hazards—A framework. *Science of the total environment*, 857, 159308.
9. Rayfuse, R. (Ed.). (2014). *War and the environment: new approaches to protecting the environment in relation to armed conflict* (Vol. 45). Martinus Nijhoff Publishers.
10. Briggs, C.M., Walji, M., Anderson, L. (2009). Environmental health risks and vulnerability in post-conflict regions. *Medicine Conflict and Survival*, 25(2), 122–133.
11. Rashkevich, N., Myroshnyk, O., Shevchenko, R. (2023). Analysis of the current state of warning of emergency situations related to the danger of groundwater. *Emergency Situations Prevention and Liquidation*, 7, 2, 193–216.
12. Rashkevych, N., Shevchenko, R., Vovchuk, T. (2024). Development of a mathematical model for analysing the hazardous impact on the state of groundwater in city agglomerations from missile and artillery attacks. *Municipal economy of cities*, 1(182), 229–240. DOI: 10.33042/2522-1809-2024-1-182-229-240
13. Rashkevich, N., Shevchenko, R., Neshpor, O. (2024). Development of an algorithm of the information and technical method of emergency prevention in the territories affected by rocket and artillery damage. *Municipal economy of cities*, 3, 184, 223–228. DOI: 10.33042/2522-1809-2024-3-184-223-228
14. Rashkevich, O., Rashkevich, N., Shevchenko R., Khmyrova A. (2024). Formation of a method for laser monitoring of an emergency situation of a technogenic nature in the territory that has been subjected to missile and artillery damage. *Social Development and Security*, 14(4), 171–180. DOI: 10.33445/sds.2024.14.4.14
15. Loboichenko, V., Nikitina, N., Leonova, N., Konovalova, O., Bondarenko, A., Zemlianskyi, O., Rashkevich, N. (2024, May). Study of the features of determination of heavy metals in bottom sediments. In IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science* (Vol. 1348, No. 1, p. 012014). IOP Publishing.
16. Rashkevich, N. (2023). Analysis of the current state of warning of emergency situations in the territories of Ukraine which were suffered by rocket and artillery impacts. *Municipal economy of cities*, 4(178), 232–251. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-4-178-232-251>
17. Pro zatverdzhennya klasyfikatsiynykh oznak nadzvychaynykh sytuatsiy: Nakaz MVS Ukrayiny vid 06.08.2018 № 658. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0969-18>.
18. Pro zatverdzhennya Poryadku klasyfikatsiyi nadzvychaynykh sytuatsiy za yikh rivnyamy: Postanova KМУ vid 24.03.2004 № 368. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/368-2004-%D0%BF#Text>
19. Natsional'nyy klasyifikator Ukrayiny. Klasyifikator nadzvychaynykh sytuatsiy DK 019:2010. Kyiv, Derzhspozhyvstandart Ukrayiny. 2010. 23 s. <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va457609-10>
20. World Health Organization. (2022). *Guidelines for drinking-water quality: incorporating the first and second addenda*. World Health Organization.
21. Ogwu, M.C., Izah, S.C., Sawyer, W.E., Amabie, T. (2025). Environmental risk assessment of trace metal pollution: A statistical perspective. *Environmental Geochemistry and Health*, 47(4), 94. <https://doi.org/10.1007/s10653-025-02405-z>
22. Donuma, K.U., Ma, L., Bu, C., George, L.Y. (2023). Impact and health risk assessment of groundwater in the vicinity of dumpsites in keffi Metropolis, Nigeria. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 11(8), 85–113. DOI: 10.4236/gep.2023.118006
23. Rectanus, H., Darlington, R., Kucharzyk, K., Moore, S. (2015). *Attenuation pathways for munitions constituents in soils and groundwater*. In TR-NAVFAC EXWC-EV-1503. Naval Facilities Engineering Command, Engineering and Expeditionary Warfare Center, Port Hueneme California. DOI:10.13140/RG.2.1.3445.5123

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Шевченко Р.І., заступник начальника центру – начальник відділу організації науково-дослідної діяльності науково-інноваційного центру Національного університету цивільного захисту України, м. Черкаси.

Автор: РАШКЕВИЧ Ніна Владиславна
доктор філософії, доцент кафедри державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки
Національний університет цивільного захисту України
E-mail – nine291085@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5124-6068>

Автор: РУЩАК Іван Іванович
здобувач вищої освіти
Національний університет цивільного захисту України
E-mail – feirmen3@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6654-7863>

Автор: РАШКЕВИЧ Олександр Сергійович
начальник сектору діловодства та архівної роботи
Головне управління Державної служби України з надзвичайних ситуацій у Харківській області
E-mail – 37asrras@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0009-0005-4374-4602>

ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF EMERGENCY SITUATIONS CAUSED BY ROCKET AND ARTILLERY SHELLING

N. Rashkevich¹, I. Rushchak¹, O. Rashkevich²

¹National University of Civil Defence of Ukraine, Cherkasy, Ukraine

²Main Department of the State Service of Ukraine for Emergency Situations in the Kharkiv region, Kharkiv, Ukraine

The article presents a comprehensive analysis of the dynamics of emergency situations (ES) that occur in territories affected by rocket artillery systems (RAS). The research focuses on identifying and classifying the consequences of such events, with a particular emphasis on the distinction between primary and secondary threats. Primary threats are described as immediate destructive impacts – including explosions, fires, and the destruction of critical infrastructure – typically confined to a localized area. In contrast, secondary threats are broader in scope and time, encompassing environmental contamination by toxic, chemical, and radionuclide substances, deterioration of sanitary-epidemiological conditions, mass poisonings, and socio-psychological crises.

The authors propose a classification framework that organizes these threats according to their nature of impact, scale of spatial distribution, and temporal persistence. This framework is essential for understanding the complex, layered structure of risk in areas exposed to warfare-induced emergencies. A focus is placed on the contamination of soil and groundwater, which often persists long after the initial event and poses prolonged environmental and health hazards.

To describe contamination processes, the study identifies five main groups of hazardous substances: heavy metals, organic toxicants, explosive residues, inorganic toxicants, and radionuclides. Each group is examined in terms of its origin, physiological effects on the human body, and the timeline of toxic exposure. In addition, the article emphasizes the relevance of developing standardized procedures for monitoring, data collection, and classification of risks, as well as integrating spatial analysis and mathematical modeling to improve forecasting accuracy. Such measures allow a more objective assessment of potential long-term consequences for environmental systems and public health.

The article lays the groundwork for a methodological approach to managing emergencies in war-affected territories. The proposed classification of threats and systematization of contamination mechanisms provide a scientific basis for assessing risks, prioritizing response measures, and developing long-term rehabilitation strategies.

Keywords: emergency situations, rocket and artillery impacts, primary and secondary threats, soil contamination, groundwater contamination.