

Н.В. Рашкевич

Національний університет цивільного захисту України, Україна

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ТЕРИТОРІЯХ УКРАЇНИ, ЯКІ ЗАЗНАЛИ РАКЕТНО-АРТИЛЕРІЙСЬКИХ УРАЖЕНЬ

Встановлено, що порушення ґрунтів внаслідок воєнних дій можуть носити довгостроковий характер та становити небезпеку для населення та територій. Процес моделювання поширення забруднювачів є складним завданням через необхідність врахування багатьох змінних, як у часі, так і у просторі. На сьогодні не створено універсальних методологій оцінки безпеки ґрунтів територій, які зазнали воєнного впливу, та підходів щодо допустимого рівня їх забруднень. Сформовані базові методологічні критерії досліджень з попередження надзвичайних ситуацій на територіях, які зазнали ракетно-артилерійських уражень.

Ключові слова: воєнно-техногенне навантаження, забруднення ґрунтів, тверді метали, небезпечна подія, попередження надзвичайних ситуацій.

Постановка проблеми

Наслідки світових воєнних конфліктів для навколишнього середовища часто недооцінюються суспільством в співставленні з втратою людських життів, руйнуванням об'єктів інфраструктури. Відголоски воєнних дій можуть спричинити багато небезпечних наслідків, як у короткостроковій (нездетоновані вибухонебезпечні предмети) так і довгостроковій перспективі внаслідок техногенного забруднення. Ракетно-артилерійське озброєння становить потужне воєнно-техногенне навантаження, яке призводить до забруднення ґрунтів та водних ресурсів. Більшість країн світу визнають реальність того, що забруднені внаслідок воєнних дій землі потребують довгострокової програми регенерації, а іноді ніколи не можуть знову бути «чистими».

З урахуванням сьогоденних масштабів екологічних злочинів російського агресора на території України [1], що призводить до порушень нормальних умов життя і діяльності людей, актуальності набуває науково-практична задача з аналізу сучасного стану попередження надзвичайної ситуації (НС) на територіях, які зазнали впливу воєнних дій, а саме систематичного ракетно-артилерійського ураження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Наукова спільнота у сфері цивільного захисту (безпеки) у своїх дослідженнях проводить аналіз світових тенденцій вирішення завдань у сфері цивільного захисту.

Автором [2] опрацьовано наукові джерела, що містять інформацію щодо організації запобігання та ліквідації наслідків НС природного характеру в провідних країнах світу, зокрема: США, Німеччині, Франції, Японії.

В роботі [3] розкрита доцільність використання європейських стандартів в системі цивільного захисту України. Науковцем [4] розглянуто європейський досвід формування організаційного забезпечення механізмів державного управління у сфері цивільного захисту на прикладі Великобританії «Cabinet Office Briefing Room A» – COBRA та централізованого органу МВС Німеччини «Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe» для їх можливої практичної реалізації в Україні.

В роботі [5] висвітлено кращий світовий досвід з державно-приватного партнерства для запобігання та реагування на НС різного характеру.

В роботі [6] узагальнено досвід розвинених країн світу у сфері управління ризиками, виокремлені перспективні напрями управління ризиками НС техногенного та природного характеру.

В дослідженнях [7] проведено аналіз зарубіжного досвіду щодо інформаційно-аналітичного забезпечення цивільного захисту.

В науковій роботі [8] виділено особливості оперативних розгортань аварійно-рятувальних сил та засобів в провідних країнах світу.

Дослідником [9] проведено аналіз способів та методів реагування на НС, які пов'язані з повеннями в окремих регіонах гірської місцевості в різних країнах світу, [10] – аналіз підходів з ліквідації НС в

умовах обмежених оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів, [11] – скорочення часу реагування на локальні НС.

В роботі [12] проаналізовано сучасний стан реагування та методів скорочення наслідків НС медико-біологічного характеру, а в [13] – враховані особливості регіонів з нестійкими природно-кліматичними умовами.

В дослідженнях [14] проаналізовано світові тенденції вирішення питання попередження НС внаслідок пожежі на потенційно-небезпечних об'єктах, [15] – на небезпечних об'єктах критичної інфраструктури, [16] – на об'єктах малотоннажного виробництва, [17] – в місцях зберігання твердих побутових відходів з урахуванням наявності устаткування зі збору біогазу, [18] – викликаних поширенням антропогенних забруднень у водному середовищі, [19, 20] – пов'язаних з викидом небезпечних речовин, [21] – пов'язаних з викидом легких газоподібних небезпечних хімічних речовин, [22] – пов'язаних з загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, [23] – пов'язаних з малооб'ємними вибухами небезпечних хімічних речовин.

З іншого боку, науковці, зазвичай, здебільшого приділяють увагу задачам оцінки якості ґрунтів у контексті їх сільськогосподарського використання, а саме, дослідженням індикаторів рівня урожайності сільськогосподарських культур.

В роботі [24] висвітлюються питання впливу агрономічних показників на якість врожайності. Авторами [25] досліджені оптимальні агрофізичні показники, які забезпечують максимальну біомасу інтенсивного росту. В [26, 27] показаний вплив хімічних та фізико-хімічних показників родючості ґрунтів.

Підсумовуючи вищевикладене, слід зазначити, що наведені дослідження дещо відрізняються методологічно по мапі світу. Так, країни світу, у відповідності до фінансових та науково-фундаментальних можливостей, мають свої підходи до вирішення питання протидії НС. Як спільну рису можна відзначити схожість покладених завдань, а саме: планування заходів, реагування та управління, облік наслідків, надання допомоги населенню.

Дослідження стану ґрунтів є актуальними не тільки для виробників сільськогосподарської продукції, а й органів та підрозділів Державної служби з надзвичайних ситуацій (ДСНС України) з метою забезпечення безпеки населення та територій.

Відтак, актуальним та невирішеним на сьогоднішній день питанням залишається забезпечення функціонування основних процесів системи цивільного захисту (прогнозування, моніторинг та моделювання) з урахуванням потенційних небезпек післявоєнної відбудови, що пов'язані з небезпекою

уражених внаслідок воєнних дій ґрунтів територіальних громад України.

Формулювання мети статті

Метою дослідження є аналіз світового та вітчизняного досвіду з попередження надзвичайних ситуацій на територіях, які зазнали ракетно-артилерійських уражень в контексті визначення небезпек ґрунтів, які виникають внаслідок їх ураження ракетно-артилерійським озброєнням. Для досягнення зазначеної мети необхідно вирішити наступні завдання:

- сформулювати масив порушень ґрунтів, які спричинені воєнними діями;
- провести аналітичний огляд основних факторів поширення забруднюючих речовин у ґрунтах;
- проаналізувати існуючі методи та підходи дослідження стану ґрунтів в контексті вирішення задач цивільного захисту територіальних громад;
- визначити базові методологічні критерії досліджень з попередження надзвичайних ситуацій на територіях, які зазнали ракетно-артилерійських уражень.

Виклад основного матеріалу

Формування масиву порушень ґрунтів, які спричинені воєнними діями. Війни завдають серйозної, а іноді, й непоправної шкоди навколишньому середовищу [28, 29]. Вони прямо (наприклад, артилерійські обстріли, лісові пожежі) або побічно (наприклад, будівництво таборів біженців) сприяють деградації наземних екосистем [30, 31]. Екологічні наслідки можуть виникнути на всіх трьох етапах війни – підготовці до війни, безпосередньо війни (насиленому конфлікту) і післявоєнних діях [32].

До ХХ століття більшість конфліктів носили локальний характер і мали відносно незначний вплив на ґрунти. Однак, у сучасній війні використовуються зброя та хімічні речовини, які можуть залишитися в уражених землях протягом століть після закінчення конфлікту [33]. Характер ґрунту може бути значно змінений як у воєнний час, так і після настання миру. Відновлення цих ґрунтів може зайняти десятки років, а в деяких випадках, навіть століть [34, 35]. Перша та Друга світові війни залишили Європі значну спадщину забруднення [36, 37]. В дослідженнях [36] зазначено, що «ґрунти війни» через 75 років мають яскраво виражені фізичні та хімічні характеристики, а також педотурбації, часто містять підвищену кількість важких металів. Навіть через 100 років спостерігається збагачення свинцем та міддю вище фонових значень [37].

За результатами проведеного моніторингу громадською організацією «Екодія», після початку повномасштабного вторгнення росії на територію України зафіксовано понад 1160 випадків потенційної шкоди докільню внаслідок російської агресії [1]. У зоні активних бойових дій опинились об'єкти військової інфраструктури (військові бази, аеродроми, арсенали тощо), атомні та гідроелектростанції, склади небезпечних відходів, промисловість. Зафіксовані пожежі на нафтобазах, АЗС, місць видалення твердих побутових відходів, є факти пошкодження об'єктів тепло-, водо- та енергопостачання. Утворюються небезпечні відходи від руйнувань та воєнні відходи, території забруднені вибухонебезпечними предметами, населення має проблеми з доступом до джерел чистої питної води.

Порушення ґрунту, які спричинені воєнними діями, науковою спільнотою переважно розглядаються фізичного та хімічного типів [31, 34, 38].

Фізичні порушення ґрунту включають запечатування через будівництво оборонних споруд, копання траншей або тунелів, ущільнення в результаті руху техніки та військ або утворення вирв від бомб [34]. Дослідження [39] показали, що щільність ґрунту збільшується за умов високої вологості, багаторазового переміщення важкої техніки та повертається до початкового стану протягом 1-3 років. В роботі [40] зазначається, що фізичні порушення можуть призвести до зсувів та ерозії.

Хімічні порушення складаються з надходження забруднюючих речовин, таких як нафта, важкі метали, нітроароматичні вибухові речовини, фосфорорганічні нервово-паралітичні речовини, діоксини з гербіцидів або радіоактивні елементи. Виявлено, що залишки зброї на колишніх полях боїв або полігонах виділяються у ґрунт різними металами, такими як свинець, хром, сурма, миш'як, кадмій, мідь, ртуть, нікель та цинк [34]. У забрудненому ґрунті часто можна спостерігати накопичення важких металів [41]. Важкі метали переважно присутні в залишковій, оксидній та органічній фракціях [42].

Підтвердженням зростання концентрації важких металів у ґрунті є результати досліджень війн, наприклад, в Бельгії та Франції [37, 43], Хорватії [44], Іраку [45], Україні [46–48]; на військових полігонах, наприклад, Литви [49], США [50], Канади [51], Франції [52], Боснії та Герцеговині [53], Чехії [54], Кореї [55], Кіпру [56].

Хімічні речовини, що використовуються у військових боєприпасах та вибухових речовинах, згодом можуть мати згубний вплив на здоров'я людини та екосистеми по всьому світу [57–59].

Люди можуть зазнавати впливу забруднювачів ґрунту різними шляхами: прямий контакт із ґрунтом через ковтання, вдихання та шкіряний контакт [60] або через споживання їжі тваринного або рослинного походження із забруднених ділянок [43]. Забруднювачі можуть викликати пошкодження нирок, легень, нервової системи та скелета [61], зниження інтелектуальних здібностей, шлунково-кишкові симптоми, ішемічну хворобу серця, різні види раку [62, 63].

В Україні є свідчення фізичного порушення ґрунту, викликаного перевезенням військової техніки [64], артилерійськими обстрілами [65], розкопками [66], масовими похованнями загиблих [67]. Очікується, що це порушить ґрунтові горизонти та збільшить забруднення ґрунту та прісної води [68].

Таким чином, сформований масив порушень ґрунтів, які спричинені воєнними діями на території громад дозволяє стверджувати, що зазначені фізико-хімічні процеси призводять до закритичного збільшення небезпечних чинників, які у свою чергу призводять до локальних (у найгіршому сценарії до фонових) змін показників фізико-хімічних властивостей (стану) ґрунтів, носять довгостроковий характер небезпеки ґрунтового середовища та становлять небезпеку для населення та територій.

Аналітичний огляд основних факторів поширення забруднюючих речовин у ґрунтах.

Ґрунт – складна колоїдно-дисперсна система [69], де відбувається накопичення забруднюючих речовин та перерозподіл по трофічним ланцюгів. Одні забруднювачі можуть бути мобілізовані (розчинені), інші іммобілізовані на ґрунтових частинках (адсорбовані на поверхні) у тверді сполуки, що багато в чому залежить від якості ґрунту. Фізичні властивості забезпечують просторові та механічні умови. Хімічні – можуть сприяти реакціям полютантів, що визначають їх структуру та токсичність, а також поведінку та рухливість у ґрунтах [70].

Ґрунт та вода перебувають у тісному зв'язку та взаємозалежності [71]. Ґрунти – це не тільки середовище для вирощування рослин, це також потужне джерело багатьох забруднюючих речовин, які потрапляють у поверхневі та підземні води [72], що становить небезпеку для населення, в першу чергу, дітей. У звіті [73] відмічено, що діти в умовах затяжних конфліктів частіше вмирають від хвороб, пов'язаних із відсутністю чистої води, ніж від насильства, безпосередньо пов'язаного із самим конфліктом.

На поведінку важких металів впливають фактори як неживої (неорганічної), так й живої природи – процеси, що пов'язані з ними [74].

В роботі [75] відмічено, що перерозподіл забруднювачів відбувається як у горизонтальному (завдяки повітряному переносу), так і в вертикальному напрямку (найбільший вплив чинить водний режим).

На поведінку забруднюючих речовин великий вплив має часовий аспект [76].

Ґрунти, збагачені органічною речовиною, сприяють затриманню (імобілізації) забруднюючих речовин [77]. Однак, як відмічено в роботі [78], у лужних умовах високий рівень розчиненого органічного вуглецю може призвести до утворення металоорганічних комплексів, тим самим збільшуючи рухливість свинцю, міді та нікелю.

Кислотно-лужні умови визначають розчинність великої кількості органічних і неорганічних сполук важких металів. У кислих ґрунтах рухливість елементів підвищується, що сприяє потраплянню в ґрунтові води [79]. Підвищення рН сприяє утворенню малорозчинних сполук, що різко знижує інтенсивність процесу міграції [80, 81].

рН ґрунту є ключовим фактором, що регулює вивітрювання сполук важких металів з боєприпасів, їх виділення та вилугування [82].

Ґрунти з високим вмістом вуглецю схильні до посиленого розчинення артилерійських патронів та інших залишкових осколків [83].

Коливання окисно-відновлювальних умов суттєво впливає на токсичність та рухомість важких металів. Найнижча рухомість характерна для сильно відновлювальних умов [84].

Ємність катіонного обміну ґрунту також відіграє ключову роль у міграції забруднювачів: зі зниженням – підвищується адсорбційна здатність [85, 86].

Збагачення ґрунтів важкими металами пов'язано з фактором рельєфу, водним режимом ландшафтів [87, 88].

В роботі розглянутий вплив, вологомісткості на механізм переносу забруднювачів [89, 90]. Теплопровідність викликає помітні зміни температурних потенціалів ґрунтів та змушує вологу мігрувати з місць з високою температурою до місць з низькою температурою [91]. Науковці [90] зазначають, що з ростом температури, вологості підвищується корозійна активність, біодоступність.

Розмір зерен і мінеральний склад визначають питому поверхню ґрунту та його здатність адсорбувати важкі метали [92]. Цей фактор контролює водний режим та інтенсивність міграції важких металів. Дослідники [93] довели факт активної адсорбції забруднювачів глинистими мінералами.

Текстура та структура ґрунту впливає на рух води а, отже, на характер перенесення важких

металів [85, 94]. Рух води по макропорах може прискорити перенесення важких металів, а дифузія – уповільнити його.

На рухливість важких металів в районах з воєнно-техногенним навантаженням впливає наявність рослинного покриву. Рослини зменшують рухливість до підземних вод [95]. Однак, встановлено, що на вкритій території деревною рослинністю, концентрація важких металів була у ґрунті вище, ніж на відкритих поверхнях через перехоплення аерозолів листям та подальшого змивання дощами або з опалим листям [96].

Через повільність міграційного процесу важко кількісно оцінити внесок міграційного процесу в накопичення або дифузію важких металів у ґрунтовому покриві. Це є завданням організації багаторічного моніторингу.

Таким чином, забруднюючі речовини спочатку накопичуються в ґрунті, а потім перерозподіляються в самому ґрунті та в інших середовищах – поверхневих та підземних водах. Процес моделювання поширення забруднювачів є складним завданням через необхідність врахування багатьох змінних, як у часі так і у просторі, фізичних і хімічних параметрів ґрунту, а також умов навколишнього середовища та форми знаходження власне забруднювачів.

Аналіз методів та підходів дослідження стану ґрунтів, в контексті вирішення задач цивільного захисту територіальних громад. Воєнні конфлікти значно ускладнюють як екологічні проблеми, так й проблеми забезпечення цивільного захисту населення та територій внаслідок забруднення.

Наявність у навколишньому середовищі – ґрунтовому, водному середовищах – шкідливих (забруднюючих) речовин, що перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК), є одним із показників НС [97].

З метою забезпечення виконання заходів із запобігання НС в Україні здійснюється постійний моніторинг та прогнозування НС [98].

Для попередження НС важливим є своєчасне реагування на зміни стану навколишнього середовища, ідентифікація небезпеки з метою подальшої локалізації та ліквідації її [99], достатність технологічних ресурсів [100].

На органи та підрозділі ДСНС України покладені завдання зі здійснення моніторингу довкілля на пунктах державної системи гідрометеорологічних спостережень. Ґрунти різного призначення (вміст залишкової кількості пестицидів та важких металів) розглядаються як об'єкт спостереження [101]. Хоча, відповідно до нормативних документів [102, 103], ДСНС не визначено суб'єктом моніторингу.

Державна комплексна система спостережень включає топографо-геодезичні, картографічні, ґрунтові, агрохімічні, радіологічні та інші обстеження і розвідування стану земель і ґрунтів, їх моніторинг [104].

Нормативно-правовими актами, які регулюють здійснення моніторингу земель (або ж ґрунтів сільськогосподарського призначення) не визначено переліку речовин, що є обов'язковими або ж рекомендованими для спостереження [102–105].

Методика нормування вмісту хімічних речовин в ґрунті відрізняється від тих методик, що використовуються для водного та повітряного середовищ. ГДК хімічних речовин для ґрунтів встановлюються на основі чотирьох показників: загальносанітарним, міграційним водним, міграційним повітряним, транслокаційним [106].

Відповідно [107] для належного застосування та дотримання стандарту ГДК небезпечних речовин у процесі обстеження та оцінки якості ґрунтів, вибору методів вимірювання та контролю, встановлення загальних вимог і порядку проведення відповідних робіт використовуються нормативні документи із стандартизації.

Визначення сумарного показника забруднення (Z) є традиційним методом оцінки забруднення ґрунту в основі якого – відношення фактичного вмісту потенційно небезпечного елемента (речовини) до його природного вмісту (нормованого значення) [108].

Для оцінки забруднення ґрунтів використовуються однофакторний індекс ((P_i)), індекс геологічної акумуляції (I_{geo}), індекс Немерова (P_n), індекс екологічного ризику (ER), індекс ризику для здоров'я (HI) [109], інтегральний індекс (IPI) [110], а також фактори забруднення (CF), коефіцієнт збагачення (EF) [111]. Однофакторний індекс є найпростішим індексом якості ґрунтового середовища [112, 113].

В роботі [114] зазначено на доцільність інтегрального показника, який дозволяє формалізувати весь спектр забруднюючих речовин та вивести єдиний (монооціночний) критерій оцінки на основі кількісних та якісних характеристик забруднювачів.

На відміну від традиційної оцінки ґрунтів на основі порівняння результатів моніторингу з пороговими значеннями, в роботах [115, 116] застосований ієрархічний кластерний аналіз та методи головних компонент, що надав можливість відокремити зони високого ризику та встановити профілі забруднення. В роботі [117] для визначення зв'язку між факторами, що визначають поведінку важких металів у ґрунті, використано факторний аналіз.

Останніми роками в багатьох країнах Європейського Союзу (ЄС) пожвавлено роботу з моніторингу ґрунтів у зв'язку з ухваленням ЄС 17 листопада 2021 року нової ґрунтової стратегії до 2030 року [118], яка проголошує створення глобальної мережі моніторингу ґрунтів. Така система передбачає застосування різноманітних сенсорів (що працюють у реальному часі) для моніторингу забруднення ґрунтів, їх біо-геофізичних характеристик, з залученням даних дистанційного зондування земної поверхні тощо. Однак, у системі організації моніторингу ґрунтів у ЄС все ще залишаються питання, зокрема, щодо цільових параметрів, схем відбору проб та їх аналізу, критеріїв просторово-часової репрезентативності, вимог до статистичної обробки для оцінки невизначеностей і тенденцій, рівнів інтенсивності (деталізації) вимірювань, інтеграції з іншими видами екологічного моніторингу (клімат, повітря, біорізноманіття, якість води) [119].

Останнім часом розширилося використання дистанційного зондування для виявлення збройних конфліктів та військових дій, джерел та впливу на навколишнє середовище, у деяких випадках у поєднанні з даними моделювання [120, 121].

Забруднення ґрунту часто не може бути оцінене чи сприйняте візуально, що обумовлює існування потенційної небезпеки [122]. Також потрібно враховувати проблеми, пов'язані з проведенням досліджень у районах воєнних дій (наприклад, обмежений доступ, небезпечні умови), що інформації через воєнний вплив недостатньо та часто вивчається через роки після припинення воєнних дій і без знання вихідних даних [123]. Ситуацію ускладнює відтік кваліфікованих кадрів як в пошуках більш привабливої заробітної плати, так й безпечних умов життєдіяльності [124].

Фізичні порушення на земну поверхню можна спостерігати на супутникових знімках і, за необхідності, можна встановити площу та ступінь впливу навіть після десятиліття після відповідного конфлікту [125, 126]. Завдяки досягненням у галузі супутникової багатоспектральної візуалізації з дуже високою просторовою роздільною здатністю стає можливим виявляти атрибути об'єкту в масштабі окремих ударів (кратерів) обстрілів з важкої зброї [126]. На супутникових знімках можна виявити забруднення води [127].

Підтвердженням широкого застосування у світі геоінформаційних систем є дослідження, наприклад, Китаю [128, 129], Індії [130], Греції [131], Ірландії [132], Лівану [133], Індонезії [134], Єгипту [135].

Необхідно відмітити, що для визначення точного впливу часто потрібні польові зразки достатньої кількості та об'ємів [136].

Сучасним інструментальним методом фізико-хімічного аналізу є електрохімічний, а саме потенціометрія [137, 138], циклічна вольтамперометрія [139], хроноамперометрія [140], імпульсна анодна інверсійна вольтамперометрія [141, 142].

Широко застосовуються методи спектроскопії, що ґрунтуються на інтерпретації спектрів, що виникають при взаємодії випромінювання з речовиною, особливо з атомами (атомна спектроскопія). Методи, що засновані на атомних спектрах, можна поділити на абсорбційні, що знайшли практичне застосування в роботах [143, 144] та емісійні – [45, 145].

Низька вартість, значуща точність, велика чутливість і межі виявлення, а також відносно коротка тривалість аналізу характерна для методу атомно-абсорбційної спектроскопії [146]. В роботі [147] використовується полум'яна атомно-абсорбційна спектроскопія, де зазначається про точність визначення міді, а також інших металів. В роботі [148] розглянуто застосування атомно-абсорбційної спектроскопії з графітовою піччю.

В роботах [149, 150] використовується мас-спектрометрія з індуктивно-зв'язаною плазмою лазерної абляції, а в [151] запропонована оптимізація та валідація зазначеного методу.

Серед аналітичних методів для визначення важких металів зарекомендували рентгенофлуоресцентні методи.

За допомогою портативної рентгенофлуоресцентної спектроскопії та багатофакторного статистичного підходу досліджені ґрунти Туреччини [152], Індії [153], Китаю [154], Румунії [155]. Однак, рентгенофлуоресцентний метод має обмеження до визначення кадмію та ртуті на відміну від атомної спектроскопії [156].

Пропонується також використовувати для визначення забруднення ґрунтів дощових хробаків [157] або низку мікробних параметрів [158].

Таким чином, наявні наукові розробки в області методів та підходів дослідження стану

ґрунтів мають фрагментарний характер. На сьогодні не створено універсальних методологій оцінки безпеки ґрунтів територій, які зазнали воєнного впливу, та підходів щодо допустимого рівня їх забруднень з метою попередження надзвичайних ситуацій. Відповідно подальші дослідження повинні проводитись із застосуванням комплексу польових, дистанційних та лабораторних методів.

Формування базових методологічних критеріїв досліджень з попередження надзвичайних ситуацій на територіях, які зазнали ракетно-артилерійських уражень. З огляду на висвітлені результати досліджень [159], НС – об'єктивний просторово-тимчасовий процес, що складається з п'яти етапів, а саме: 1 – повсякденне накопичення негативних чинників, 2 – екстремальний розвиток негативного фактору; 3 – катастрофічна подія; 4 – ліквідація безпосередніх наслідків цієї події; 5 – фіксація та мінімізація віддалених наслідків катастрофічної події. Головна мета управління НС – це недопущення катастрофічної події, а в разі її настання, – мінімізація її наслідків. Для цього 1-му етапі застосовуються заходи з профілактики накопичення негативних факторів. На 2-му – виявлення екстремального накопичення одного чи декількох негативних факторів і визначення сценарію розвитку подій. На 3-му – визначення усіх можливих параметрів катастрофічної події. На 4-му – завдання управління визначається безперервним збором даних про параметри катастрофічної події і дією сил, результати застосування засобів, реєстрації наслідків. На 5-му – моніторинг та профілактика появи віддалених наслідків

Розглядаючи сучасні підходи у сфері цивільного захисту до визначення природи виникнення НС різного характеру [97, 159, 160], можна зазначити, що НС – це, передусім, умовний рівень перебігу надзвичайної події, який досягається одним або кількома домінуючими ознаками, з погляду рівня загрози (де розглядаються наслідки небезпеки $q_{1...6}$), та/або можливостей протидії підрозділами ДСНС України (рис. 1).

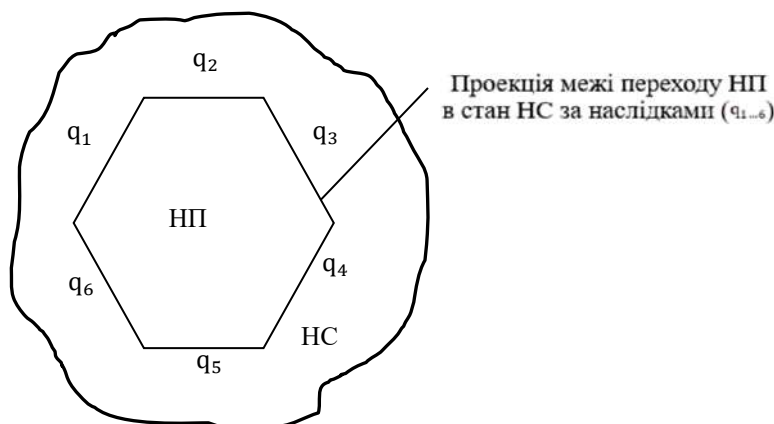


Рис. 1. Графічна інтерпретація простору розвитку надзвичайної події [159].

В Україні на законодавчому рівні відповідно до [162] простір розвитку небезпечної події до меж НС за наслідками посилення небезпеки ($q_{1...6}$) визначено як шестимірний, де q_1 – площа поширення небезпеки НС; q_2 – затрати на ліквідацію наслідків НС; q_3 – розміри заподіяної шкоди; q_4 – кількість загиблих; q_5 – кількість постраждалих; q_6 – кількість осіб з порушенням умов життєдіяльності.

У випадку розгляду процесів попередження НС достатньо забезпечити не переростання наслідків 1 рівня пріоритетності верхньої межі кількісного діапазону, який визначає відповідний рівень поширення НС. Необхідною умовою є забезпечення не переростання наслідків інших рівнів пріоритетності верхньої межі кількісного діапазону

відповідно до мінімально можливого рівня НС, але не більше ніж визначеного за наслідками першого рівня пріоритетності [159].

Важливими елементами протидії НС (запобігання, попередження, локалізації та ліквідації) є заходи організаційного, оперативного, інженерного, інформаційного характеру. В роботі [159] наведено функціональне поле застосування основних процесів системи цивільного захисту (рис. 2), де $P_{НС}^x$ – показник імовірності виникнення НС різного характеру та $\Phi_{НС}^x$ інтегральний показник, який характеризує можливість аварійно-рятувальних підрозділів ДСНС України протидіяти НС відповідного характеру.

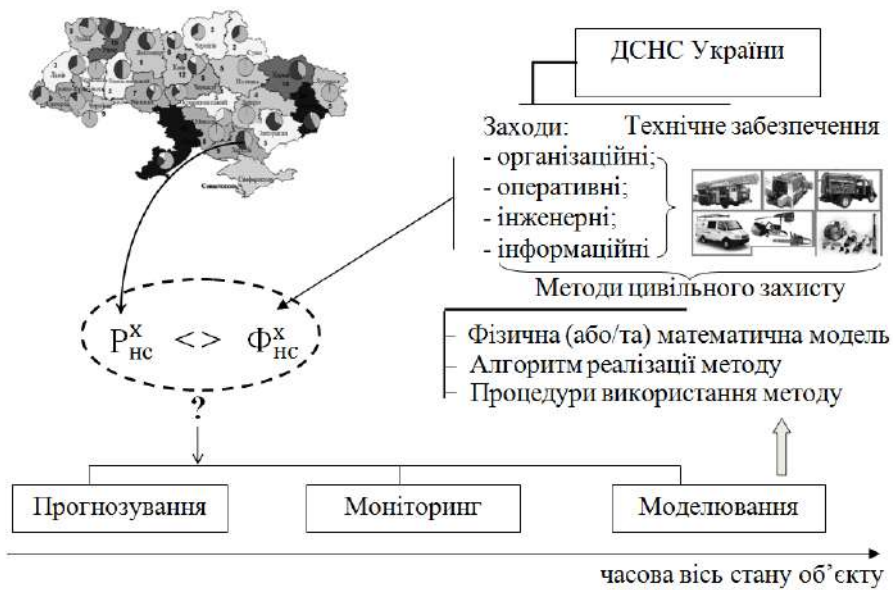


Рис. 2. Функціональне поле застосування основних процесів системи цивільного захисту [159].

Дослідником [12] розроблені організаційно-технічні методи скорочення наслідків НС медико-біологічного характеру, котрі призначені для скорочення кількості жертв та числа постраждалих у наслідок НС, а [13] – методику попередження НС медико-біологічного характеру в регіоні з нестійкими природно-кліматичними умовами, враховуючи ресурсно-критичне управління додатковими силами та їх оперативну координацію під час проведення заходів з ліквідації небезпеки.

В роботі [14] запропоновані інженерно-технічні методи попередження НС унаслідок пожежі з осередком виникнення всередині та зовні потенційно небезпечного об'єкту, що дозволяє скоротити кількість інтегральних наслідків НС та недопущення переростання останніх на більший рівень поширення небезпеки.

В роботі [15] запропоновані інженерно-технічний метод попередження НС техногенного характеру внаслідок пожеж (вибухів) шляхом

оперативного контролю стану повітряного середовища на об'єктах критичної інфраструктури.

Дослідником [16] розроблені інженерно-технічні методи попередження НС техногенного характеру на малотоннажних виробництвах ідентифікуючи хімічні речовини в ґрунтах та ґрунтових водах.

В роботі [10] запропонована методика попередження НС в умовах обмежених оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів за рахунок підготовки управлінських рішень та відповідних пропозицій щодо завчасного залучення додаткових сил та їх оперативної координації під час ліквідації небезпеки.

В роботі [17] запропоновано методику попередження НС пов'язаних зі зсувом звалищних ґрунтів на об'єктах захоронення твердих побутових відходів з устаткуванням по утилізації біогазу на основі виконання груп робіт до та після факту переміщення техногенних ґрунтів.

Автором [22] розроблена методика попередження НС, пов'язаних з загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, а [23] – терористичного характеру, пов'язаних з малооб'ємним вибухом небезпечних хімічних речовин в місцях з масовим перебуванням людей, що включає оцінку ступеня небезпеки виявленого небезпечного предмету, варіанти послідовності дій зі знешкодження.

В основу запропонованих вище методів (методик) попередження НС покладено математичні моделі процесу виникнення, поширення наслідків НС, формування керуючого алгоритму реалізації методу (методики) та опис процедур практичної реалізації для окремого об'єкту захисту. Наведені результати досліджень є вузько спрямованими та не

розкривають специфіки завдань попередження НС на територіях, які зазнали впливу воєнно-техногенного навантаження від ракетно-артилерійських уражень.

В рамках сформованої провідними вченими з питань цивільного захисту єдиної методологічної позиції щодо місця та ролі процесів запобігання, попередження, локалізації та ліквідації в структурі загального процесу протидії НС [159], за основу єдиної методології вирішення проблеми попередження надзвичайної ситуації на територіях, які зазнали ракетно-артилерійських уражень, пропонується структурно-логічна схема моделювання процесів запобігання, попередження, локалізації та ліквідації НС, як основних процесів протидії наслідкам (рис. 3).

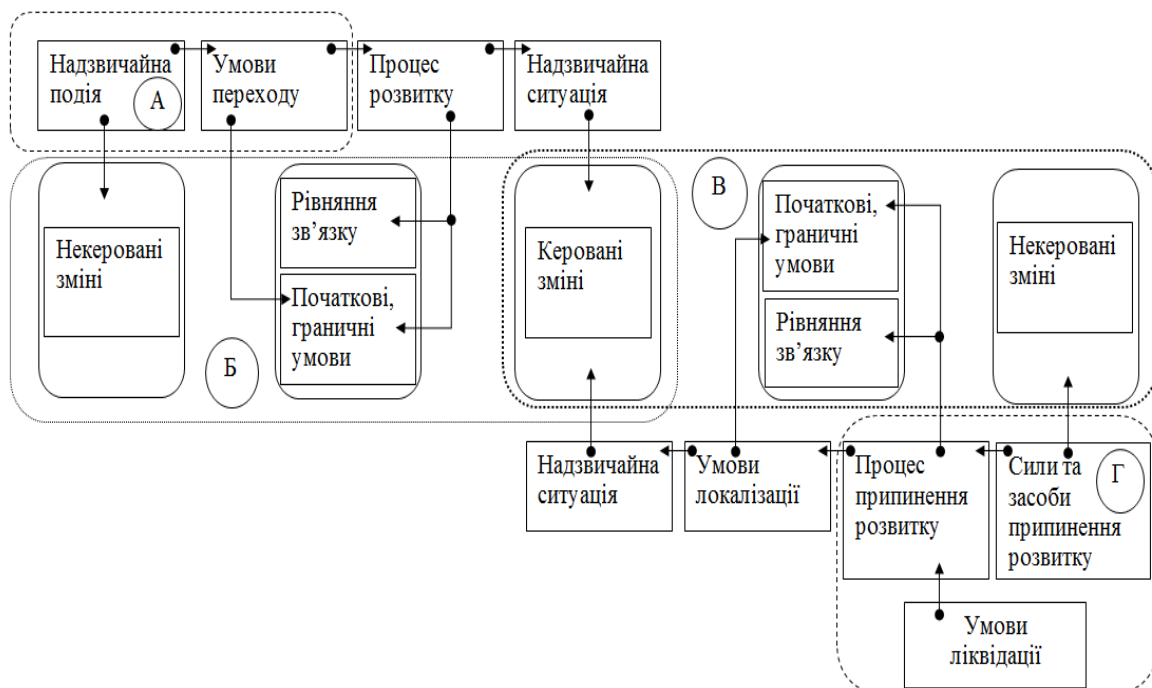


Рис. 3. Структурно-логічна схема моделювання основних процесів протидії надзвичайним ситуаціям [159].

На рис. 3 введені наступні визначення: А – складники моделювання процесу виникнення НС, Б – складники моделювання процесу розвитку НС, В – складники моделювання процесу локалізації НС, Г – складники моделювання процесу ліквідації НС. У разі поєднання складників групи Б та В маємо умови моделювання процесу попередження НС. Моделювання процесу запобігання НС є зворотною задачею зі складниками групи А [159].

Таким чином, розробка нових організаційно-технічних методів попередження надзвичайної ситуації на територіях, які зазнали ракетно-артилерійських уражень, на основі комплексного прогнозування, моніторингу та моделювання небезпеки ґрунтів, повинна базуватися на єдиних методологічних позиціях щодо місця та ролі

процесів запобігання, попередження, локалізації та ліквідації в структурі загального процесу протидії НС, які були попередньо апробовані у низці робіт з розробки та впровадження організаційних, оперативних інженерно-технічних та інформаційних методів попередження НС різного характеру виникнення та поширення.

Висновки

1. Сформований масив порушень ґрунтів, які спричинені воєнними діями на території громад дозволяє стверджувати, що зазначені фізико-хімічні процеси призводять до критичного збільшення небезпечних чинників, які у свою чергу призводять до локальних (у найгіршому сценарії до фонових) змін показників фізико-хімічних властивостей

(стану) ґрунтів, носять довгостроковий характер небезпеки ґрунтового середовища та становлять небезпеку для населення та територій.

2. Забруднюючі речовини спочатку накопичуються в ґрунті, а потім перерозподіляються в самому ґрунті та в інших середовищах – поверхневих та підземних водах. Процес моделювання поширення забруднювачів є складним завданням через необхідність врахування багатьох змінних, як у часі так і у просторі, фізичних і хімічних параметрів ґрунту, а також умов навколишнього середовища та форми знаходження власне забруднювачів.

3. Наявні наукові розробки в області методів та підходів дослідження стану ґрунтів мають фрагментарний характер. На сьогодні не створено універсальних методологій оцінки безпеки ґрунтів територій, які зазнали воєнного впливу, та підходів щодо допустимого рівня їх забруднень з метою попередження надзвичайних ситуацій. Відповідно подальші дослідження повинні проводитись із застосуванням комплексу польових, дистанційних та лабораторних методів.

4. Розробка нових організаційно-технічних методів попередження надзвичайної ситуації на територіях, які зазнали ракетно-артилерійських уражень, на основі комплексного прогнозування, моніторингу та моделювання небезпеки ґрунтів, повинна базуватися на єдиних методологічних позиціях щодо місця та ролі процесів запобігання, попередження, локалізації та ліквідації в структурі загального процесу протидії НС, які були попередньо апробовані у низці робіт з розробки та впровадження організаційних, оперативних інженерно-технічних та інформаційних методів попередження НС різного характеру виникнення та поширення.

Література

1. Екодія. Випадки потенційної шкоди довкіллю, спричинені російською агресією [Інтерактивна мапа]. – Режим доступу: <https://ecoaction.org.ua/warmap.html> (дата звернення 11.07.2023 р.).

2. Процин, І. Аналіз закордонного досвіду із запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного характеру [Текст] / І. Процин // Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація. – 2021. – Т. 5. – № 2. – С. 95–100. – Режим доступу: <https://doi.org/10.31731/2524.2636.2021.5.2-95-100>

3. Іванченко, І.П. Зарубіжний досвід організації системи цивільного захисту [Текст] / І.П. Іванченко // Державне управління. – 2015. – № 23. – С. 156–159.

4. Shoyko, V. (2020). European experience in the formation of organizational support for public administration mechanisms in the field of civil protection. *Pressing Problems of Public Administration*, 1(57), 253–260. Retrieved from: <https://doi.org/10.34213/ap.20.01.29>

5. Бірюков, Д.С. Державно-приватне партнерство у сфері попередження та реагування на надзвичайні ситуації [Текст] / Д.С. Бірюков // Стратегічні пріоритети. – 2014.

– № 1. – С. 164–168. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/spa_2014_1_24

6. Іванова, Т.В. Світовий досвід державного управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру [Текст] / Т.В. Іванова // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Державне управління. – 2020. – Т. 31 (70). – № 4. – С. 65–69. – Режим доступу: <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-6468/2020.4/10>

7. Барило, О.Г. Зарубіжний досвід створення інформаційно-аналітичної системи цивільного захисту [Текст] / О.Г. Барило // Вісник Національного університету цивільного захисту України. Серія: Державне управління. – 2017. – Вип. 2. – С. 387–395. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNUCZUDU_2017_2_50

8. Белоченко, Д.Ю. Методика скорочення часу оперативного розгортання першим рятувальним підрозділом в умовах надзвичайних ситуацій техногенного характеру: дис. ... к.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2020. – 177с.

9. Гудак, Р.В. Мінімізація наслідків надзвичайної ситуації природного характеру в гірській місцевості за допомогою пошуково-рятувальних вертольотів: дис. ... к.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2020. – 169 с.

10. Бурменко, О.А. Методика попередження надзвичайних ситуацій регіонального рівня в умовах обмежених оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів: дис. ... к.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2020. – 141с.

11. Коваленко, Р.І. Скорочення часу реагування аварійно-рятувальних формувань на локальні надзвичайні ситуації шляхом використання базатофункціональних кузовів-контейнерів: дис. ... к.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2018. – 187 с.

12. Шевченко, Р.І. Організаційно-технічні методи попередження надзвичайних ситуацій медико-біологічного характеру місцевого та регіонального рівнів: дис. ... д.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2018. – 372 с.

13. Прокопенко, О.В. Методика попередження надзвичайних ситуацій медико-біологічного характеру в регіоні з нестійкими природнокліматичними умовами: дис. ... доктор філософії за спец 263 – цивільна безпека: м. Харків, 2021. – 197 с.

14. Левтеров, О.А. Інженерно-технічні методи попередження надзвичайних ситуацій унаслідок пожежі на потенційно-небезпечних об'єктах: дис. ... д.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2020. – 311 с.

15. Мелеценко, Р. Г. Інженерно-технічні методи попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури за допомогою оперативного контролю стану повітряного середовища: дис. ... д.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2020. – 378 с.

16. Лобойченко, В.М. Інженерно-технічні методи попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах малотоннажного виробництва шляхом ідентифікації водних розчинів: дис. ... д.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2020. – 311 с.

17. Рашкевич, Н. В. Попередження надзвичайних ситуацій на полігоні твердих побутових відходів з ліквідаційним енергоємним технологічним устаткуванням: дис. ... доктор філософії за спец 263 – цивільна безпека: м. Харків, 2021. – 203 с.

18. Іванов, Є. В. Попередження надзвичайних ситуацій, викликаних потраплянням і поширенням антропогенних забруднень у водному середовищі: дис. ... к.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2020. – 167 с.

19. Кустов, М.В. Організаційно-технічні методи ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, що призводять до викиду в атмосферу небезпечних речовин: дис. ... д.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2019. – 391 с.

20. Мельниченко, А.С. Математичне та методичне забезпечення прогнозування хімічної обстановки при

- аваріях з викидом небезпечних газів: дис. ... доктор філософії за спец 263 – цивільна безпека: м. Харків, 2023. – 212 с.
21. Говаленков, С.С. Попередження надзвичайних ситуацій, обумовлених техногенним викидом в атмосферу небезпечних легких газоподібних хімічних речовин: дис. ... к.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2020. – 163 с.
22. Стецюк, Є.І. Методика попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету: дис. ... к.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2019. – 168 с.
23. Стрільць, В.В. Попередження надзвичайних ситуацій терористичного характеру, пов'язаних з малооб'ємним вибухом небезпечних хімічних речовин: дис. ... к.т.н.: 21.02.03. м. Харків, 2020. – 194 с.
24. Ma, Y., Lan, Z., Zhang, K., Li, B., Zheng, W., Gao, Y., Li, J., Zhang, X. (2021). Effects of Plough Layer Thickness on Soil Nutrients and Cucumber Root Development. *Scientia Horticulturae*, 290, 110498. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110498>
25. Uvarenko, K. Influence of structural density and soil moisture on the productivity of intensive and semi-intensive spring barley varieties. *Вісник аграрної науки*. – 2021. – № 1. – С. 81–86. Retrieved from: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202101-10>
26. Mebrate, A., Kippie, T., Zeray, N., Haile, G. (2022) Selected physical and chemical properties of soil under different agroecological zone in Gedeo Zone, Southern Ethiopia, *Heliyon*, 8 (12), e12011. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12011>
27. Разанов, С.Ф. Вплив сидератів на родючість ґрунту [Текст] / С.Ф. Разанов, О.П. Ткачук, В.В. Овчарук, І.І. Овчарук // Збалансоване природокористування. – 2021. – № 4. – С. 144–152. Retrieved from: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2021.253101>
28. Kaplan, G., Rashid, T., Pietrelli, A., Ferrara, V. (2022). Monitoring war-generated environmental security using remote sensing: A review. *Land Degradation and Development*. Retrieved from: <https://doi.org/10.1002/ldr.4249>
29. Wenning, R.J., Tomasi, T.D. (2022). Using U.S. Natural Resource Damage Assessment (NRDA) to Understand the Environmental Consequences of the War in Ukraine. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 19(2). doi:10.1002/ieam.4716
30. Salemi, C. (2021). Refugee camps and deforestation in Sub-Saharan Africa. *J. Dev. Econ.*, 152, 102682. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2021.102682>
31. Pereira, P., Basic, F., Bogunovic, I., Barcelo, D. (2022). Russian-Ukrainian war impacts the total environment. *Sci. Total Environ.*, 837, 155865. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155865>
32. Machlis, E.G., Hanson, T. (2008). Warfare Ecology. *BioScience*, 58(8), 729–736. Retrieved from: http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-1214-0_5
33. *Status of the World's Soil Resources (SWSR)* - Main Report. Rome, Italy, Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils. FAO & ITPS. 2015. Retrieved from: <http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf>
34. Certini, G., Scalenghe, R., Woods, W.I. (2013). The impact of warfare on the soil environment. *Earth-Science Reviews*, 127, 1–15. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.08.009>
35. Ingalls, M.L., Mansfield, D. (2017). Resilience at the periphery: insurgency, agency and social-ecological change under armed conflict. *Geoforum*, 84, 126–137. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2017.06.012>
36. Thestorff, K., Makki, M. (2022). Soils and landforms of war – Pedological investigations 75 years after World War II March 2022. *Geomorphology*, 407(4), 108189. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2022.108189>
37. Williams, O., Rintoul, N. (2022). Legacy of war: Pedogenesis divergence and heavy metal contamination on the WWI front line a century after battle. *European Journal of Soil Science*, 73(4). Retrieved from: <https://doi.org/10.1111/ejss.13297>
38. Rawtani, D., Gupta, G., Khatri, N., Rao, P.K., Hussain, C.M. (2022). Environmental damages due to war in Ukraine: A perspective. *Science of The Total Environment*, 850, 157932. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157932>
39. Althoff, P.S., Thien, S.J., Todd, T.C. (2010). Primary and residual effects of Abrams tank traffic on prairie soil properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 74, 2151–2161. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj2009.0091>
40. Broomandi, P., Guney, M., Kim, J.R., Karaca, F. (2020). Soil Contamination in Areas Impacted by Military Activities: A Critical Review. *Sustainability*, 12 (21), 9002. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/su12219002>
41. Ampleman, G., Thiboutot, S., Lewis, J. et al (2004). *Evaluation of the contamination by explosives and metals at cold lake air weapons range (CLAWR)*. Alberta, phase II, final report. Quebec, Canada.
42. Tomić, N.T., Smiljanić, S., Jovic, M., Gligorić, M. (2018). Examining the Effects of the Destroying Ammunition, Mines and Explosive Devices on the Presence of Heavy Metals in Soil of Open Detonation Pit; Part 2: Determination of Heavy Metal Fractions. *Water Air and Soil Pollution*, 229(9). Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3950-7>
43. Gorecki, S., Nesslany, F., Hube, D. et al. (2017). Human health risks related to the consumption of foodstuffs of plant and animal origin produced on a site polluted by chemical munitions of the First World War. *Sci. Total Environ.*, 314–323. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.213>
44. Vidosavljevic, D. et al. (2013). Soil contamination as a possible long-term consequence of war in Croatia. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B – Soil and Plant Science*, 63, 4, 322–329. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1080/09064710.2013.777093>
45. Ibrahim M. Al-Sudani, Muwafaq H. Al-Lami, Abdul Hameed, Marie Jawad (2021). Spatial Distribution of Some Heavy Metals in Urban Soil of Western Iraq. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 25, 4, 10550–10558.
46. Наслідки для довкілля війни росії проти України [Текст] / О. Анурець, П. Хазан, К. Колесникова, М. Куц, М. Чернохова, М. Гавранек // Електронне науково-популярне видання. – 2022. – 84 с. – Режим доступу: <https://cleanair.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/cleanair.org.ua-war-damages-ua-version-04-low-res.pdf>
47. Зайцев, Ю.О. Вплив бойових дій на вміст валових форм важких металів у ґрунтах Сумського та Охтирського р-нів Сумської Обл. [Текст] / Ю.О. Зайцев, О.М. Гриценко, С.А. Романова, І.О. Зайцев // *Agroecological Journal*. – 2022. – № 3. – С. 136–149. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2022.266419>
48. Rybalova, O. *Environmental assessment of soil contamination by trace metals [Текст] / O. Rybalova, H. Korobkova, O. Chunchuk, T. Stryzhak, O. Bondar // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. – 2022. – Вип 57. – С. 307–320. – Режим доступу: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-57-23>
49. Vasarevičius, S., Greičiūtė, K. (2004). Investigation of soil pollution with heavy metals in Lithuanian military grounds. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 12(4), 132–137. Retrieved from: <https://doi.org/10.1080/16486897.2004.9636834>
50. Gent, D.B., Johnson, J.L. (2013). *Characterization of Firing Range Soil from Camp Edwards, MA, and the Efficacy of Acid*

and Alkaline Hydrolysis for the Remediation of M1 105 mm M67 Propellant. U.S. Army Corps of Engineers, Engineer Research and Development Center: Concord, MA, USA.

51. Bordeleau, G., Martel, R., Ampleman, G., Thiboutot, S. (2008). Environmental Impacts of Training Activities at an Air Weapons Range. *J. Environ. Qual.*, 37, 308–317. Retrieved from: <https://doi.org/10.2134/jeq2007.0197>

52. Bausinger, T., Bonnaire, E., Preuss, J. (2007). Exposure assessment of a burning ground for chemical ammunition on the Great War battlefields of Verdun. *Sci. Total Environ.*, 382, 259–271. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.04.029>

53. Tomic, N.T., Smiljanic, S., Jovic, M., Gligoric, M., Povrenovic, D., Dasic, A. (2018). Examining the Effects of the Destroying Ammunition, Mines, and Explosive Devices on the Presence of Heavy Metals in Soil of Open Detonation Pit: Part 1-Pseudo-total Concentration. *Water Air Soil Pollut.*, 229, 301. Retrieved from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-018-3957-0>

54. Sladkova, A., Szakova, J., Havelcova, M., Najmanova, J., Tlustos, P. (2015). The Contents of Selected Risk Elements and Organic Pollutants in Soil and Vegetation within a Former Military Area. *Soil Sediment Contam.*, 24, 325–342. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1080/15320383.2015.955605>

55. Islam, M.N., Nguyen, X.P., Jung, H.Y., Park, J.H. (2016). Chemical Speciation and Quantitative Evaluation of Heavy Metal Pollution Hazards in Two Army Shooting Range Backstop Soils. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 96, 179–185. Retrieved from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00128-015-1689-z>

56. Rodriguez-Seijo, A., Alfaya, C.M., Andrade-Couce, M., Alonso Vega, F. (2016). Copper, Chromium, Nickel, Lead and Zinc Levels and Pollution Degree in Firing Range Soils. *Land Degrad. Dev.*, 27, 1721–1730. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1002/ldr.2497>

57. Lima, D., Bezerra, M., Neves, E., Moreira, F. (2011). Impact of ammunition and military explosives on human health and the environment. *Rev. Environ. Health*, 26, 101–110. Retrieved from: <https://doi.org/10.1515/reveh.2011.014>

58. Poesen, J. (2017). Soil erosion in the Anthropocene: Research needs: Soil erosion in the Anthropocene. *Earth Surf. Process. Landforms*, 43, 64–84. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1002/esp.4250>

59. Via, S.M., Manley, P.V. (2023). *Plants and their Interaction to Environmental Pollution*. eBook ISBN: 9780323983099 309–332.

60. Guney, M., Welfringer, B., de Repentigny, C., Zagury, G. (2013). Children's Exposure to Mercury-Contaminated Soils: Exposure Assessment and Risk Characterization. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 65. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00244-013-9891-7>

61. Hayashi, C., Koizumi, N., Nishio, H., Koizumi, N., Ikeda, M. (2012). Cadmium and other metal levels in autopsy samples from a cadmium-polluted area and Non-polluted control areas in Japan. *Biol. Trace Elem. Res.*, 145, 10–22. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1007/s12011-011-9155-1>

62. Kumar, M., Sawhney, N. (2020). Chemistry of heavy metals in the environment. In book: *Heavy metals in the environment*, Chapter: 2. Publisher: Elsevier, 9–34. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-821656-9.00002-X>

63. Liu, J-X, Zhou, G-B, Chen, S-J, Chen, Z. (2012). Arsenic compounds: revived ancient remedies in the fight against human malignancies. *Curr. Opin. Chem. Biol.*, 16, 92–98. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cbpa.2012.01.015>

64. *Breaking the Impasse on Donbass*. Retrieved from: <https://www.indepthnews.net/index.php/opinion/3245-breaking-the-impasse-on-donbass>

65. *Russia-Ukraine war update: what we know on day 15 of the Russian invasion*. Retrieved from:

<https://www.theguardian.com/world/2022/mar/10/russia-ukraine-war-update-what-we-know-on-day-15-of-the-russian-invasion>

66. *Russia-Ukraine war update: what we know on day 15 of the Russian invasion*. Retrieved from: <https://www.bbc.com/news/av/world-europe-61191111>

67. *Ukrainian City Digs Mass Graves For Potential Coronavirus Victims*. Retrieved from: <https://www.rferl.org/a/ukraine-dnipro-coronavirus-mass-graves/30530147.html>

68. *World Water Day: water in times of war – the case of Ukraine*. Retrieved from: <https://eunighbourseast.eu/news-and-stories/publications/world-water-day-water-in-times-of-war-the-case-of-ukraine/>

69. Грунтознавство з основами геології. Частина II. Генезис, класифікація та властивості ґрунтів. Навчальний посібник / Я.Г. Цицюра, М.І. Поліщук, Л.Ф. Броннікова. – ТОВ «Друк плюс», 2020. – 676 с.

70. Durães, N., Novo, L.A.B., Candeias, C., Ferreira da Silva, E. (2018). *Distribution, transport and fate of pollutants*. In Soil Pollution from Monitoring to Remediation; Duarte, A.C., Cachada, A., Rocha-Santos, T., Eds.; Elsevier-Academic Press: London, UK, 29–57. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-849873-6.00002-9>

71. Bisselink, B., Bernhard, J., Gelati, E., Adamovic, M. A. et al. (2018). *Impact of a changing climate, land use, and water usage on Europe's water resources*. In A Model Simulation Study; Joint Research Centre (JRC). European Commission: Luxembourg, 81. Retrieved from: <https://core.ac.uk/reader/162257070>

72. Gavrilescu, M. (2021). Water, Soil, and Plants Interactions in a Threatened Environment. *Water*, 13, 19, 2746. <https://doi.org/10.3390/w13192746>

73. UNICEF. (2019). *Water under fire: For every child, water and sanitation in complex emergencies*. New York, NY: United Nations Children's Fund. Retrieved from: <https://www.unicef.org/media/51286/file>

74. Kersten, M., Kriews, M., Kühn, W., Rick, HJ. (1994). *Combined Effects of Abiotic and Biotic Factors on Heavy Metal Fluxes*. In: Sündermann, J. (eds) Circulation and Contaminant Fluxes in the North Sea. Springer, Berlin, Heidelberg. Retrieved from: https://doi.org/10.1007/978-3-642-78294-7_18

75. Šichorová, K., Tlustos, P., Száková, J., Kořínek, K., Balík, J. (2004). Horizontal and vertical variability of heavy metals in the soil of a polluted area. *Plant, Soil and Environment*, 50(12), 525–534. Retrieved from: <https://doi.org/10.17221/4069-PSE>

76. Zhang, Y., Liu, Y., Liu, J., Zhan R. et al. (2022). Control mechanism of the migration of heavy metal ions from gangue backfill bodies in mined-out areas. *Front. Earth Sci., Structural Geology and Tectonics*, 10. Retrieved from: <https://doi.org/10.3389/feart.2022.1090799>

77. Kabata-Pendias, A. (2010). *Trace Metals in Soils and Plants, fourth ed.* CRC Press, Boca Raton, FL.

78. Cuske, M., Karczewska, A., Galka, B. (2017). Speciation of Cu, Zn, and Pb in soil solutions extracted from strongly polluted soils treated with organic materials. *Pol. J. Environ. Stud.*, 26 (2), 567–575. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.15244/pjoes/66710>

79. Kumar, R.N., Nagendran, R. (2007). Influence of initial pH on bioleaching of heavy metals from contaminated soil employing indigenous Acidithiobacillus thiooxidans. *Chemosphere*, 66, 1775–1781. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.07.091>

80. Sun, H., Song, Y., Liu, W., Zhang, M., Duan, T., Cai, Y. (2023). Coupling soil washing with chelator and cathodic reduction treatment for a multi-metal contaminated soil: Effect of pH controlling. *Electrochim. Acta*, 448, 142178. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2023.142178>

81. Тітенко, Г.В., Особливості геохімічної міграції елементів та сполук у природних та природно-

- антропогенних комплексах річкової долини р. Лопань [Текст] / Г.В. Тітенко, А.А. Клець // Людина та довкілля. Проблеми неоекології. – 2015. – № 1–2. – С. 35–45.
82. Ma, L.Q., Hardison, D.W., Harris, W.G., Cao, X., Zhou, Q. (2007). Effects of soil property and soil amendment on weathering of abraded metallic Pb in shooting ranges. *Water Air Soil Pollut.*, 178 (1–4), 297–307. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1007/s11270-006-9198-7>
83. Dontsova, K., Taylor, S. (2017). *High explosives and propellants energetics: their dissolution and fate in soils*. In: *Energetic Materials*. Springer, Cham, 373–406. Retrieved from: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-59208-4_11
84. Mao, L., Ye, H. (2018). Influence of Redox Potential on Heavy Metal Behavior in Soils: a Review. *Research of Environmental Sciences*, 31(10), 1669–1676. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.13198/j.issn.1001-6929.2018.07.19>
85. Wang, Z., Lei, G. (2018). *Study on Penetration Effect of Heavy Metal Migration in Different Soil Types*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 394(5), 052033. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/394/5/052033>
86. Clausen, J.L., Korte, N. (2011). *Fate and Transport of Energetics From Surface Soils to Groundwater*. American Chemical Society, Washington, DC. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1021/bk-2011-1069.ch015>
87. Chai, L., Wang, Y., Wang, X., Ma, L. et al. (2021). Pollution characteristics, spatial distributions, and source apportionment of heavy metals in cultivated soil in Lanzhou. *China. Ecol. Indic.*, 125, 107507. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107507>
88. Splodytel, A., Sorokina, L., Lunova, O. (2021). Landscape geochemical conditions and patterns of inter-element redistribution of heavy metals in landscapes of Kivertsi National Nature Park “Tsumanska Pushcha”. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 30(1), 165–178. Retrieved from: <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/112115>
89. Nie, Q., Wang, W., Guo, W., Li, H. (2021). Experimental Study on the Coupled Heat-Moisture-Heavy Metal Pollutant Transfer Process in Soils. *Advances in Civil Engineering*, 2021, Article ID 5510217, 10. Retrieved from: <https://doi.org/10.1155/2021/5510217>
90. Beck, A.J., Gledhill, M., Schlosser, C., Stamer, B., et al. (2018). Spread, behavior, and ecosystem consequences of conventional munitions compounds in coastal marine waters. *Front. Mar. Sci.*, 5, 141. Retrieved from: <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00141>
91. Bai, B., Rao, D., Xu, T., Chen, P. (2018). SPH-FDM boundary for the analysis of thermal process in homogeneous media with a discontinuous interface. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 117, 517–526. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2017.10.004>
92. Huang, B., Yuan, Z., Li, D., Zheng, M., Nie, X., Liao, Y. (2020). Effects of soil particle size on the adsorption, distribution, and migration behaviors of heavy metal(loid)s in soil: a review. *Environmental Science: Processes & Impacts.*, 8, 1790–1808. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1039/D0EM00189A>
93. Forero, R. (2014). Partitioning model of the adsorption of explosives from soils to determine its environmental fate. *Rev. Crim.*, 56(3), 139–152.
94. Dube, A., Zbytniewski, R., Kowalkowski, T., Cukrowska, E. (2001). Adsorption and Migration of Heavy Metals in Soil. *Polish Journal of Environmental Studies*, 10(1), 1–10.
95. Fayiga, A.O. (2019). Remediation of inorganic and organic contaminants in military ranges. *Environ. Chem.*, 16(2), 81–91. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1071/EN18196>
96. Galuškova, I., Borůvka, L., Drábek, O. (2011). Urban Soil Contamination by Potentially Risk Elements. *Soil and Water Research.*, 6(2), 55–60. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.17221/55/2010-SWR>
97. 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>
98. Кодекс цивільного захисту України: Відомості Верховної Ради (ВВР), 2013, № 34-35, ст.458. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>
99. Loboichenko, V., Strelec, V. (2018). The natural waters and aqueous solutions express-identification as element of determination of possible emergency situation. *Water and Energy International*, 61r, 9, 43–50.
100. *A Strategic Framework for Emergency Preparedness*. Printed by the WHO Document Production Services (2017). Geneva, Switzerland. 17.
101. Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля: Постанова Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 р. № 391 Київ. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF#Text>
102. Про затвердження Положення про моніторинг земель Постанова Кабінет Міністрів України від 20 серпня 1993 р. № 661. Київ. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-93-%D0%BF#Text>
103. Про затвердження Положення про моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення наказ Міністерство аграрної політики України від 26.02.2004. № 51. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0383-04#Text>
104. Про охорону земель: Закон України Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2003, № 39, ст.349. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text>
105. Земельний Кодекс України: Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2002, № 3-4, ст.27. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>
106. Чорний, С.Г. Оцінка якості ґрунтів: навчальний посібник [Текст] / С.Г. Чорний. – Миколаїв: МНАУ, 2018. – 233 с.
107. Про затвердження нормативів гранично допустимих концентрацій небезпечних речовин у ґрунтах, а також переліку таких речовин: Постанова Кабінет Міністрів України від 15 грудня 2021 р. № 1325 Київ. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1325-2021-%D0%BF#Text>
108. Яковичина, Т.Ф. Екологічна оцінка поліелементного забруднення важкими металами ґрунтів м. Дніпропетровська [Текст] / Т.Ф. Яковичина // Вісник Криворізького національного університету. – 2016. – Вип. 41. – С. 78–83. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vktu_2016_41_19
109. Teng, Y., Liu, L., Zheng, N., Liu, H. (2022). Application of Different Indices for Soil Heavy Metal Pollution Risk Assessment Comparison and Uncertainty: A Case Study of a Copper Mine Tailing Site. *Minerals*, 12(9), 1074. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/min12091074>
110. Wei, B., Yang, L. (2010). A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. *Microchemical Journal*, 94, 99–107. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2009.09.014>
111. Fang, A., Dong, J., An, Y. (2019). Distribution Characteristics and Pollution Assessment of Soil Heavy Metals under Different Land-Use Types in Xuzhou City, China. *Sustainability*, 11(7), 1832. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/su11071832>
112. Xu, Z. et al. (2021). Comprehensive evaluation of soil quality in a desert steppe influenced by industrial activities in

- northern China. *Sci. Rep.* 11, 17493. Retrieved from: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-96948-7>
113. Bartkowiak, A., Lemanowicz, J., Lamparski, R. (2020). Assessment of selected heavy metals and enzyme activity in soils within the zone of influence of various tree species. *Sci. Rep.*, 10, 14077. Retrieved from: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69545-3>
114. Рибалова, О.В. Новий підхід до оцінки забруднення ґрунтів важкими металами [Текст] / О.В. Рибалова, К.М. Коробкіна. *Proceedings of the "II International Scientific and Practical Conference "Topical problems of modern science"" November 18, 2017 Warsaw, Poland, 2017. 5. C. 86–90.*
115. Astel, A.M., Chepanova, L., Simeonov, V. (2011). Soil contamination interpretation by the Use of Monitoring Data Analysis. *Water and Air Pollution.*, 216, 375–390. Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s11270-010-0539-1>
116. Chen, T.B., Wong, J.W.C., Zhou, H.Y. (1997). Assessment of trace metal distribution and contamination in surface soils of Hong Kong. *Environmental Pollution*, 96 (1), 61–68. Retrieved from: [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(97\)00003-1](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(97)00003-1)
117. Galušková, I., Borůvka, L., Drábek, O. (2011). Urban Soil Contamination by Potentially Risk Elements. *Soil and Water Research*, 6(2), 55–60. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.17221/55/2010-SWR>
118. *EU Soil Strategy for 2030 Reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate.* Communication from the Commission. Retrieved from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0699>
119. Моніторинг довкілля Аналітична записка щодо стану та перспектив розвитку державної системи моніторингу довкілля. Україна, м. Київ, 2023 р. – Режим доступу: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/02/Monitoring-Green-Paper_15_02_2022.pdf
120. Weir, D., Mcquillan, D., Francis, R.A. (2019). Civilian science: the potential of participatory environmental monitoring in areas affected by armed conflicts. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(10). Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7773-9>
121. Björnham, O., Grahn, H., von Schoenberg, P., Liljedahl, B., Waleij, A., & Brännström, N. (2017). The 2016 Al-Mishraq sulphur plant fire: source and health risk area estimation. *Atmospheric Environment*, 169, 287–296. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.09.025>
122. Rodríguez-Eugenio, N., McLaughlin, M., Pennock, D. (2018). *Soil Pollution: a hidden reality.* Rome, FAO. 142. Retrieved from: <https://www.fao.org/3/19183EN/19183en.pdf>
123. Lawrence, M.J., Stemberger, H.L.J., Zoldero, A.J., Struthers, D.P., Cooke, S.J. (2015). The effects of modern war and military activities on biodiversity and the environment. *Environmental Reviews*, 23(4), 443–460. Retrieved from: <https://doi.org/10.1139/er-2015-0039>
124. Пищуліна, О., Юрчишин, В. Міграційні прояви та впливи – уроки для України: Аналітична доповідь. – Центр Разумкова, 2023. –13 с.
125. Hesse, R. (2014). Geomorphological traces of conflict in high-resolution elevation models. *Applied Geography*, 46, 11–20. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.10.004>
126. Duncan, E.C., Skakun, S., Kariryaa, A., Prishchepov, A.. (2023). Detection and mapping of artillery craters with very high spatial resolution satellite imagery and deep learning. *Science of Remote Sensing*, 7, 100092. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.srs.2023.100092>
127. Gholizadeh, M.H., Melesse, A.M., Reddi, L. (2016). A comprehensive review on water quality parameters estimation using remote sensing techniques. *Sensors*, 16(8), 1298. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/s16081298>
128. Zhang, S.Y. (2021). GIS-based evaluation of soil heavy metal pollution and health risk assessment in different functional areas [J]. *J. Environ. Eng. Technol.*, 1–13.
129. Zhao, L., Hu, Y., Zhou, W., Liu, Z. H., Pan, Y. C., Shi, Z., et al. (2018). Estimation methods for soil mercury content using hyperspectral remote sensing. *Sustainability*, 10 (7), 2474. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/su10072474>
130. Khan, J., Singh, R., Upreti, P., Yadav, R.K. (2022). Geo-statistical assessment of soil quality and identification of Heavy metal contamination using Integrated GIS and Multivariate statistical analysis in Industrial region of Western India. *Environmental Technology & Innovation*, 28, 102646, Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102646>
131. Massas, I., Ehaliotis, C., Kalivas, D. et al. (2010). Concentrations and Availability Indicators of Soil Heavy Metals; the Case of Children's Playgrounds in the City of Athens (Greece). *Water Air Soil Pollut*, 212, 51–63 Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s11270-009-0321-4>
132. Zhang, C., Luo, L., Xu, W., Ledwith, V. (2008). Use of local Moran's I and GIS to identify pollution hotspots of Pb in urban soils of Galway, Ireland. *Science of The Total Environment*, 398(1–3), 212–221. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.03.011>
133. Kheir, R.B., Greve, M.H., Abdallah, C., Dalgaard, T. (2010). Spatial soil zinc content distribution from terrain parameters: A GIS-based decision-tree model in Lebanon. *Environmental Pollution*, 158, 2, 520–528. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.08.009>
134. Yudhana, A., Sulisty, D., Mufandi, I. (2021). GIS-based and Naïve Bayes for nitrogen soil mapping in Lendah, Indonesia. *Sensing and Bio-Sensing Research*, 33, 100435. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2021.100435>
135. El Behairy, Radwa A., Ahmed A. El Baroudy et al. (2022). Combination of GIS and Multivariate Analysis to Assess the Soil Heavy Metal Contamination in Some Arid Zones. *Agronomy*, 12, 11, 2871. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/agronomy12112871>
136. Davidson, H., Williams, G. (2009). *Soil sampling of contaminated land.* AWE International Magazine. Retrieved from: <https://www.aweimagazine.com/article/soil-sampling-of-contaminated-land-336>
137. Isildak, O., Ozbek, O. (2021). Application of potentiometric sensors in real samples. *Crit. Rev. Anal. Chem.*, 51, 2018–2231. Retrieved from: <https://doi.org/10.1080/10408347.2019.1711013>
138. Zdrachek, E., Bakker, E. (2021). Potentiometric sensing. *Anal. Chem.*, 93, 72–102. Retrieved from: <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.8b04681>
139. Quintana, H., Ramirez, J.L., Rubio, E.F., Marquez, E., Gonzalez, G., Gonzalez, G., Uruchurtu, J. (2013). Electrochemical sensor based on polypyrrole for the detection of heavy metals in aqueous solutions. *ECS Trans.*, 47, 265–273. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1149/04701.0265secst>
140. Yasri, N.G., Halabi, A.J., Istamboulie, G., Noguier, T. (2011). Chronoamperometric determination of lead ions using PEDOT: PSS modified carbon electrodes. *Talanta*, 85, 2528–2533. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2011.08.013>
141. Somerset, V., Leaner, J., Mason, R., Iwuoha, E., Morrin, A. (2010). Development and application of a poly (2, 2'-dithiodianiline)(PDTDA)-coated screen-printed carbon electrode in inorganic mercury determination. *Electrochim. Acta*, 55, 4240–4246. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.electacta.2009.01.029>
142. Dong, Y.P., Zhou, Y., Ding, Y., Chu, X.F., Wang, C.M. (2014). Sensitive detection of Pb(II) at gold nanoparticle/polyaniline/graphene modified electrode using differential pulse anodic stripping voltammetry. *Anal. Methods*, 6, 9367–9374.

143. Ashraf, I., Ahmad, F., Sharif, A., Altaf, A.R., Teng, H. (2021). Heavy metals assessment in water, soil, vegetables and their associated health risks via consumption of vegetables, District Kasur, Pakistan. *SN Appl. Sci.*, 3, 552. Retrieved from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-021-04547-y>
144. Linnert, A., Musiał, J. (2019). Investigation of the content of selected heavy metals – Lead and cadmium in a soil section. *Analit.*, 7, 32–43.
145. Nadgórska-Socha, A., Wójcik, A., Spiler, J., Dabioch, M. (2017). Assessment of the degree of heavy metal accumulation in common dandelions and soil using ICP-OES technique. *Wydaw. Univ. Śląskiego*. Retrieved from: <https://rebus.us.edu.pl/handle/20.500.12128/7839>
146. Alves, S., dos Santos, M.M., Trancoso, M.A. (2009). Evaluation of measurement uncertainties for the determination of total metal content in soils by atomic absorption spectrometry. *Accreditation and Quality Assurance*, 14, 87–93. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00769-008-0484-5>
147. Ercan, M.S.F., Ayyıldız, M.F., Chormey, D.S., Bakirdere, S. (2021). Determination of copper in traditional coffee pot water samples by atomic absorption spectrometry and matrix matching calibration strategy after switchable solvent based liquid-phase microextraction. *Environ. Monit. Assess.*, 193 (1), 1–7.
148. Schreiter, N., Wiche, O., Aubel, I., Bertau, M. (2021). Determination of germanium in plant and soil samples using high-resolution continuum source graphite furnace atomic absorption spectrometry (HR-CS GF AAS) with solid sampling. *Journal of Geochemical Exploration*. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gexplo.2020.106674>
149. Baker, S.A., Bi, M., Aucelio, R.Q., Smith, B.W., Winefordner, J.D. (1999). Analysis of soil and sediment samples by laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 14, 19–26.
150. Ezer, M. (2009). Heavy metal content of roadside soil in kahramanmaras, Turkey. *January Fresenius Environmental Bulletin*, 18(5), 704–708.
151. Arroya, L., Trejos, T., Gardinali, P.R., Almirall, J.R. (2009). Optimisation and validation of a laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry methods for the routine analysis of soils and sediments. *Spectrochimica Acta B*, 64, 16–25. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.sab.2008.10.027>
152. Yalcin, M.G., Tumuklu, A., Sonmez, M., Erdağ, D.Ş. (2009). Application of multivariate statistical approach to identify heavy metal sources in bottom soil of the Seyhan River (Adana), Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 164(1-4), 311–22. Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s10661-009-0894-9>
153. Anju, M., Banerjee, D.K. (2012). Multivariate statistical analysis of heavy metals in soils of a Pb–Zn mining area, India. *Environ. Monit. Assess.*, 184, 4191–4206. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-011-2255-8>
154. Yao, S., Nong, D., Zhao, F. (2018). Application of multivariate statistical theory in traceability analysis of heavy metals in mining area soils. *China Resour. Compr. Util.*, 36, 152–155.
155. Pîrnău, R.G., Patriche, C.V., Roşca, B., Vasiliniuc, I., Vornicu, N., Stanc, S. (2020). Soil spatial patterns analysis at the ancient city of Ibida (Dobrogea, SE Romania), via portable X-ray fluorescence spectrometry and multivariate statistical methods. *CATENA*, 189, 104506. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104506>
156. Shackley, M.S. (2011). An Introduction to X-Ray Fluorescence (XRF) Analysis in Archaeology X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology. *Springer*, 7–44.
157. Wang, K., Qiao, Y., Zhang, H., Yue, S., Li, H., Ji, X., Liu, L. (2018). Bioaccumulation of heavy metals in earthworms from field contaminated soil in a subtropical area of China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 148, 876–883. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.11.058>
158. Tischer, S., Tanneberg, H., Guggenberger, G. (2008). Microbial parameters of soils contaminated with heavy metals: Assessment for ecotoxicological monitoring. *Polish Journal of Ecology Pol. J. Scol.*, 56, 471–479.
159. *Теоретичні засади парадигми «Цивільний захист»: монографія [Текст] / М.М. Дівізінюк, С.А. Єременко, О.А. Левтеров, А.В. Пруський, В.В. Стрілець, В.М. Стрілець, Р.І. Шевченко // Під заг. редакцією М.М. Дівізінюка та Р.І. Шевченка. – Київ: ТОВ «АЗИМУТ-ПРИНТ», 2022. – 335 с.*
160. *Шевченко, Р.І. Обґрунтування підходів до класифікації надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру в контексті розбудови системи моніторингу [Текст] / Р.І. Шевченко // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2016. – Вип. 23. – С. 192–207.*
161. *Про затвердження Порядку класифікації надзвичайних ситуацій за їх рівнями: Постанови Кабінету Міністрів України від 24.03.2004 р. № 368. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/368-2004-%D0%BF#Text>*

References

- Ekodiya. *Vypadky potentsiynoi shkody dovkilliyu, sprychyneni rosiv's'koyu ahresiyeyu [interaktyvna karta]*. Retrieved from: <https://ecoaction.org.ua/warmap.html>
- Proshchyn, I. (2021). Analiz zakordonnoho dosvidu iz zapobihannya ta likvidatsiyi naslidkiv nadzvychaynykh sytuatsiy pryrodnoho kharakteru. *Nadzvychayni sytuatsiyi: poperedzhennya ta likvidatsiya*, 5, 2, 95–100. Retrieved from: <https://doi.org/10.31731/2524.2636.2021.5.2-95-100>
- Ivanchenko, I.P. (2015). Zarubizhnyy dosvid orhanizatsiyi systemy tsyvil'noyi zakhystu. *Derzhavne upravlinnya*, 23, 156–159.
- Shoyko, V. (2020). European experience in the formation of organizational support for public administration mechanisms in the field of civil protection. *Pressing Problems of Public Administration*, 1(57), 253–260. Retrieved from: <https://doi.org/10.34213/ap.20.01.29>
- Biryukov, D.S. (2014). Derzhavno-privatne partnerstvo u sferi poperedzhennya ta reahuvannya na nadzvychayni sytuatsiyi. *Stratehichni priorytety*, 1, 164–168. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/spa_2014_1_24
- Ivanova, T.V. (2020). Svitovyy dosvid derzhavnoho upravlinnya ryzykamy vynyknennya nadzvychaynykh sytuatsiy tekhnogennoho ta pryrodnoho kharakteru. *Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernads'koho. Seriya: Derzhavne upravlinnya*, 31 (70), 4, 65–69. Retrieved from: <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-6468/2020.4/10>
- Barylo, O.H. (2017). Zarubizhnyy dosvid stvorennya informatsiyno-analitychnoyi systemy tsyvil'noyi zakhystu Ukrainy. *Visnyk Natsional'noho universytetu tsyvil'noyi zakhystu Ukrainy. Seriya: Derzhavne upravlinnya*, 2, 387–395. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNUCZUDU_2017_2_50
- Belyuchenko, D.Yu. (2020). *The method of reducing the time of operational deployment by the first rescue unit in emergencies of technogenic nature - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript: dis. ... PhD.: 21.02.03. Kharkiv*, 177.
- Gudak, R.V. (2020). *Minimization of the consequences of a natural emergency in the mountains with the help of search and rescue helicopters: dis. ... PhD.: 21.02.03. Kharkiv*, 169.
- Burmenko, O.A. (2020). *Methods of emergency prevention at the regional level in conditions of limited operational*

- capabilities of rescue units: dis. ... PhD.: 21.02.03. Kharkiv, 141.
11. Kovalenko, R.I. (2018). *Reducing the response time of emergency rescue units to local emergencies using multifunctional body-containers*: dis. ... PhD.: 21.02.03. Kharkiv, 187.
 12. Shevchenko R.I. (2018). *Organizational and technical methods of prevention of emergency situations of medical and biological character of local and regional levels*: dis. ... EngD: 21.02.03. Kharkiv, 372.
 13. Prokopenko, O.V. (2021). *Prevention methods of medical and biological emergencies nature in the region with unstable natural and climatic conditions*: dis. ... PhD.: 21.02.03. Kharkiv, 197.
 14. Levterov, O.A. (2020). *Engineering and technical methods for preventing emergency situations as a result of the fire at potentially hazardous facilities*: dis. ... EngD: 21.02.03. Kharkiv, 311.
 15. Meleshchenko, R. G. (2020). *Engineering and technical methods of prevention of man-made emergencies at critical infrastructure facilities by means of operative control of the air environment*: dis. ... EngD: 21.02.03. Kharkiv, 378.
 16. Loboichenko, V.M. (2020). *Engineering and technical methods of prevention of manmade emergencies at low-tonnage production facilities by identification of aqueous solutions*: dis. ... EngD: 21.02.03. Kharkiv, 311.
 17. Rashkevich., N.V. (2021). *Emergencies prevention at solid waste landfill with liquidation energy-intensive technological equipment*: dis. ... PhD.: 21.02.03. Kharkiv, 203.
 18. Ivanov, YE. St (2020). *Prevention of emergencies caused by the ingress and spread of anthropogenic pollution in the aquatic environment*: dis. ... PhD.: 21.02.03. Kharkiv, 167.
 19. Kustov, M.V. (2019). *Organizational and technical methods of emergencies consequences liquidation that lead to the release of dangerous substances into the atmosphere*: dis. ... EngD: 21.02.03. Kharkiv, 391.
 20. Melnychenko, O.S. (2023). *Mathematical and methodological support for forecasting the chemical situation in accidents with the release of dangerous gases*: dis. ... PhD.: 21.02.03. Kharkiv, 212.
 21. Hovalenkov, S.S. (2020). *Emergency prevention caused by man-made emissions of hazardous light gaseous chemicals*: dis. ... PhD.: 21.02.03. Kharkiv, 163.
 22. Stetsiuk, Ye.I. (2019). *Methods for preventing emergencies related to the threat of explosion of a small explosive object*: dis. ... PhD.: 21.02.03. Kharkiv, 168.
 23. Strilets, V.V. (2020). *Prevention of terrorist emergencies involving small-scale explosions of hazardous chemicals*: dis. ... PhD.: 21.02.03. Kharkiv, 194.
 24. Ma, Y., Lan, Z., Zhang, K., Li, B., Zheng, W., Gao, Y., ... Zhang, X. (2021). Effects of Plough Layer Thickness on Soil Nutrients and Cucumber Root Development. *Scientia Horticulturae*, 290, 110498. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110498>
 25. Uvarenko, K. (2021). Influence of structural density and soil moisture on the productivity of intensive and semi-intensive spring barley varieties. *Visnyk ahrarnoyi nauky*, 1, 81–86. Retrieved from: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202101-10>
 26. Mebrate, A., Kippie, T., Zeray, N., Haile, G. (2022). Selected physical and chemical properties of soil under different agroecological zone in Gedee Zone, Southern Ethiopia. *Heliyon*, 8 (12), e12011. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12011>
 27. Razanov, S.F. Tkachuk, O.P., Ovcharuk, V.V., Ovcharuk, I.I. (2021). Vplyv syderativ na rodyuchist' gruntu. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya*, 4, 144–152. Retrieved from: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2021.253101>
 28. Kaplan, G., Rashid, T, Pietrelli, A., Ferrara, V. (2022). Monitoring war-generated environmental security using remote sensing: A review. *Land Degradation and Development*. Retrieved from: <https://doi.org/10.1002/ldr.4249>
 29. Wenning, R.J., Tomasi, T.D. (2022). Using U.S. Natural Resource Damage Assessment (NRDA) to Understand the Environmental Consequences of the War in Ukraine. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 19(2). doi:10.1002/ieam.4716
 30. Salemi, C. (2021). Refugee camps and deforestation in Sub-Saharan Africa. *J. Dev. Econ.*, 152, 102682. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2021.102682>
 31. Pereira, P., Basic, F., Bogunovic, I., Barcelo, D. (2022). Russian-Ukrainian war impacts the total environment. *Sci. Total Environ.*, 837, 155865. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155865>
 32. Machlis, E.G., Hanson, T. (2008). Warfare Ecology. *BioScience*, 58(8), 729–736. Retrieved from: http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-1214-0_5
 33. *Status of the World's Soil Resources (SWSR) - Main Report*. Rome, Italy, Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils. FAO & ITPS. 2015. Retrieved from: <http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf>
 34. Certini, G., Scalenghe, R., Woods, W.I. (2013). The impact of warfare on the soil environment. *Earth-Science Reviews*, 127, 1–15. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.08.009>
 35. Ingalls, M.L., Mansfield, D. (2017). Resilience at the periphery: insurgency, agency and social-ecological change under armed conflict. *Geoforum*, 84, 126–137. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2017.06.012>
 36. Thestorff, K., Makki, M. (2022). Soils and landforms of war – Pedological investigations 75 years after World War II March 2022. *Geomorphology*, 407(4), 108189. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2022.108189>
 37. Williams, O., Rintoul, N. (2022). Legacy of war: Pedogenesis divergence and heavy metal contamination on the WWI front line a century after battle. *European Journal of Soil Science*, 73(4). Retrieved from: <https://doi.org/10.1111/ejss.13297>
 38. Rawtani, D., Gupta, G., Khatri, N., Rao, P.K., Hussain, C.M. (2022). Environmental damages due to war in Ukraine: A perspective. *Science of The Total Environment*, 850, 157932. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157932>
 39. Althoff, P.S., Thien, S.J., Todd, T.C. (2010). Primary and residual effects of Abrams tank traffic on prairie soil properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 74, 2151–2161. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj2009.0091>
 40. Broomandi, P., Guney, M., Kim, J.R., Karaca, F. (2020). Soil Contamination in Areas Impacted by Military Activities: A Critical Review. *Sustainability*, 12 (21), 9002. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/su12219002>
 41. Ampleman, G., Thiboutot, S., Lewis, J. et al (2004). *Evaluation of the contamination by explosives and metals at cold lake air weapons range (CLAWR)*. Alberta, phase II, final report. Quebec, Canada.
 42. Tomić, N.T., Smiljanić, S., Jovic, M., Gligorić, M. (2018). Examining the Effects of the Destroying Ammunition, Mines and Explosive Devices on the Presence of Heavy Metals in Soil of Open Detonation Pit; Part 2: Determination of Heavy Metal Fractions. *Water Air and Soil Pollution*, 229(9). Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3950-7>
 43. Gorecki, S., Nesslany, F., Hube, D. et al. (2017). Human health risks related to the consumption of foodstuffs of plant and animal origin produced on a site polluted by chemical munitions of the First World War. *Sci. Total Environ.*, 314–323. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.213>
 44. Vidosavljevic, D. et al. (2013). Soil contamination as a possible long-term consequence of war in Croatia. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B – Soil and Plant Science*,

- 63, 4, 322–329. Retrieved from: <https://dx.doi.org/10.1080/09064710.2013.777093>
45. Ibrahim M. Al-Sudani, Muwafaq H. Al-Lami, Abdul Hameed, Marie Jawad (2021). Spatial Distribution of Some Heavy Metals in Urban Soil of Western Iraq. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 25, 4, 10550–10558.
46. Anhurets, O., Khazan, P., Kolesnikova, K., Kushch, M., Chernokhova, M., Havranek, M. (2022). Naslidky dlya dovykillya viny rosiyi proty Ukrayiny. *Elektronne naukovopopulyarne vydannya*, 84. Retrieved from: <https://cleanair.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/cleanair.org.ua-war-damages-ua-version-04-low-res.pdf>
47. Zaytsev, YU.O. Hryshchenko O.M., Romanova S.A., Zaytsev I.O. (2022). Vplyv boyovykh diy na vmist valovykh form vazhkykh metaliv u pidstavakh Sums'koho ta Okhtyrs'koho r-niv Sums'koyi obl. *Agroecological Journal*, 3, 136–149. Retrieved from: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2022.266419>
48. Rybalova, O., Korobkova, H., Chynchuk, O., Stryzhak, T., Bondar, O. (2022). Environmental assessment of soil contamination by trace metals. *Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho universytetu imeni V.N. Karazina. Seriya «Heolohiya. Heohrafiya. Ekolohiya»*, 57, 307–320. Retrieved from: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-57-23>
49. Vasarevičius, S., Greičiūte, K. (2004). Investigation of soil pollution with heavy metals in Lithuanian military grounds. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 12(4), 132–137. Retrieved from: <https://doi.org/10.1080/16486897.2004.9636834>
50. Gent, D.B., Johnson, J.L. (2013). *Characterization of Firing Range Soil from Camp Edwards, MA, and the Efficacy of Acid and Alkaline Hydrolysis for the Remediation of M1 105 mm M67 Propellant*. U.S. Army Corps of Engineers, Engineer Research and Development Center: Concord, MA, USA.
51. Bordeleau, G., Martel, R., Ampleman, G., Thiboutot, S. (2008). Environmental Impacts of Training Activities at an Air Weapons Range. *J. Environ. Qual.*, 37, 308–317. Retrieved from: <https://doi.org/10.2134/jeq2007.0197>
52. Bausinger, T., Bonnaire, E., Preuss, J. (2007). Exposure assessment of a burning ground for chemical ammunition on the Great War battlefields of Verdun. *Sci. Total Environ.*, 382, 259–271. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.04.029>
53. Tomic, N.T., Smiljanic, S., Jovic, M., Gligoric, M., Povrenovic, D., Dasic, A. (2018). Examining the Effects of the Destroying Ammunition, Mines, and Explosive Devices on the Presence of Heavy Metals in Soil of Open Detonation Pit: Part 1-Pseudo-total Concentration. *Water Air Soil Pollut.*, 229, 301. Retrieved from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-018-3957-0>
54. Sladkova, A., Szakova, J., Havelcova, M., Najmanova, J., Tlustos, P. (2015). The Contents of Selected Risk Elements and Organic Pollutants in Soil and Vegetation within a Former Military Area. *Soil Sediment Contam.*, 24, 325–342. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1080/15320383.2015.955605>
55. Islam, M.N., Nguyen, X.P., Jung, H.Y., Park, J.H. (2016). Chemical Speciation and Quantitative Evaluation of Heavy Metal Pollution Hazards in Two Army Shooting Range Backstop Soils. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 96, 179–185. Retrieved from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00128-015-1689-z>
56. Rodriguez-Seijo, A., Alfaya, C.M., Andrade-Couce, M., Alonso Vega, F. (2016). Copper, Chromium, Nickel, Lead and Zinc Levels and Pollution Degree in Firing Range Soils. *Land Degrad. Dev.*, 27, 1721–1730. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1002/ldr.2497>
57. Lima, D., Bezerra, M., Neves, E., Moreira, F. (2011). Impact of ammunition and military explosives on human health and the environment. *Rev. Environ. Health*, 26, 101–110. Retrieved from: <https://doi.org/10.1515/rev.2011.014>
58. Poesen, J. (2017). Soil erosion in the Anthropocene: Research needs: Soil erosion in the Anthropocene. *Earth Surf. Process. Landforms*, 43, 64–84. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1002/esp.4250>
59. Via, S.M., Manley, P.V. (2023). *Plants and their Interaction to Environmental Pollution*. eBook ISBN: 9780323983099 309–332.
60. Guney, M., Welfringer, B., de Repentigny, C., Zagury, G. (2013). Children's Exposure to Mercury-Contaminated Soils: Exposure Assessment and Risk Characterization. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 65. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00244-013-9891-7>
61. Hayashi, C., Koizumi, N., Nishio, H., Koizumi, N., Ikeda, M. (2012). Cadmium and other metal levels in autopsy samples from a cadmium-polluted area and Non-polluted control areas in Japan. *Biol. Trace Elem. Res.*, 145, 10–22. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1007/s12011-011-9155-1>
62. Kumar, M., Sawhney, N. (2020). Chemistry of heavy metals in the environment. In book: *Heavy metals in the environment*, Chapter: 2. Publisher: Elsevier, 9–34. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-821656-9.00002-X>
63. Liu, J-X, Zhou, G-B, Chen, S-J, Chen, Z. (2012). Arsenic compounds: revived ancient remedies in the fight against human malignancies. *Curr. Opin. Chem. Biol.*, 16, 92–98. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cbpa.2012.01.015>
64. *Breaking the Impasse on Donbass*. Retrieved from: <https://www.indepthnews.net/index.php/opinion/3245-breaking-the-impasse-on-donbass>
65. *Russia-Ukraine war update: what we know on day 15 of the Russian invasion*. Retrieved from: <https://www.theguardian.com/world/2022/mar/10/russia-ukraine-war-update-what-we-know-on-day-15-of-the-russian-invasion>
66. *Russia-Ukraine war update: what we know on day 15 of the Russian invasion*. Retrieved from: <https://www.bbc.com/news/av/world-europe-61191111>
67. *Ukrainian City Digs Mass Graves For Potential Coronavirus Victims*. Retrieved from: <https://www.rferl.org/a/ukraine-dnipro-coronavirus-mass-graves/30530147.html>
68. *World Water Day: water in times of war – the case of Ukraine*. Retrieved from: <https://euneighbourseast.eu/news-and-stories/publications/world-water-day-water-in-times-of-war-the-case-of-ukraine/>
69. Tsytysura, YA.H., Polishchuk, M.I., Bronnikova, L.F.. (2020). *Gruntoznavstvo z osnovamy heolohiyi. Chastyna II. Henezys, klasyfikatsiya ta vlastyvoli obgruntuvan'*. Navchal'nyy posibnyk. 676.
70. Durães, N., Novo, L.A.B., Candeias, C., Ferreira da Silva, E. (2018). *Distribution, transport and fate of pollutants*. In Soil Pollution from Monitoring to Remediation; Duarte, A.C., Cachada, A., Rocha-Santos, T., Eds.; Elsevier-Academic Press: London, UK, 29–57. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-849873-6.00002-9>
71. Bisselink, B., Bernhard, J., Gelati, E., Adamovic, M. A. et al. (2018). *Impact of a changing climate, land use, and water usage on Europe's water resources*. In A Model Simulation Study; Joint Research Centre (JRC). European Commission: Luxembourg, 81. Retrieved from: <https://core.ac.uk/reader/162257070>
72. Gavrilescu, M. (2021). Water, Soil, and Plants Interactions in a Threatened Environment. *Water*, 13, 19, 2746. <https://doi.org/10.3390/w13192746>
73. UNICEF. (2019). *Water under fire: For every child, water and sanitation in complex emergencies*. New York, NY: United Nations Children's Fund. Retrieved from: <https://www.unicef.org/media/51286/file>

74. Kersten, M., Kriews, M., Kühn, W., Rick, HJ. (1994). *Combined Effects of Abiotic and Biotic Factors on Heavy Metal Fluxes*. In: Sündermann, J. (eds) *Circulation and Contaminant Fluxes in the North Sea*. Springer, Berlin, Heidelberg. Retrieved from: https://doi.org/10.1007/978-3-642-78294-7_18
75. Šichorová, K., Tlustoš, P., Száková, J., Kořínek, K., Balík, J. (2004). Horizontal and vertical variability of heavy metals in the soil of a polluted area. *Plant, Soil and Environment*, 50(12), 525–534. Retrieved from: <https://doi.org/10.17221/4069-PSE>
76. Zhang, Y., Liu, Y., Liu, J., Zhan R. et al. (2022). Control mechanism of the migration of heavy metal ions from gangue backfill bodies in mined-out areas. *Front. Earth Sci., Structural Geology and Tectonics*, 10. Retrieved from: <https://doi.org/10.3389/feart.2022.1090799>
77. Kabata-Pendias, A. (2010). *Trace Metals in Soils and Plants, fourth ed.* CRC Press, Boca Raton, FL.
78. Cuske, M., Karczewska, A., Galka, B. (2017). Speciation of Cu, Zn, and Pb in the migration of heavy metal ions from strongly polluted soils treated with organic materials. *Pol. J. Environ. Stud.*, 26 (2), 567–575. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.15244/pjoes/66710>
79. Kumar, R.N., Nagendran, R. (2007). Influence of initial pH on bioleaching of heavy metals from contaminated soil employing indigenous *Acidithiobacillus thiooxidans*. *Chemosphere*, 66, 1775–1781. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.07.091>
80. Sun, H., Song, Y., Liu, W., Zhang, M., Duan, T., Cai, Y. (2023). Coupling soil washing with chelator and cathodic reduction treatment for a multi-metal contaminated soil: Effect of pH controlling. *Electrochim. Acta*, 448, 142178. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2023.142178>
81. Titenko, H.V., Kleshch, A.A. (2015). Osoblyvosti heokhimichnoyi mihratsiyi elementiv ta spolk u pryrodnykh ta pryrodno-antropohennykh kompleksakh richkovoyi dolyni r. Lopan'. *Lyudyna ta dovkillya. Problemy neoekolohiyi*, 1–2, 35–45.
82. Ma, L.Q., Hardison, D.W., Harris, W.G., Cao, X., Zhou, Q. (2007). Effects of soil property and soil amendment on weathering of abraded metallic Pb in shooting ranges. *Water Air Soil Pollut.*, 178 (1–4), 297–307. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1007/s11270-006-9198-7>
83. Dontsova, K., Taylor, S. (2017). *High explosives and propellants energetics: their dissolution and fate in soils*. In: *Energetic Materials*. Springer, Cham, 373–406. Retrieved from: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-59208-4_11
84. Mao, L., Ye, H. (2018). Influence of Redox Potential on Heavy Metal Behavior in Soils: a Review. *Research of Environmental Sciences*, 31(10). 1669–1676. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.13198/j.issn.1001-6929.2018.07.19>
85. Wang, Z., Lei, G. (2018). *Study on Penetration Effect of Heavy Metal Migration in Different Soil Types*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 394(5), 052033. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/394/5/052033>
86. Clausen, J.L., Korte, N. (2011). *Fate and Transport of Energetics From Surface Soils to Groundwater*. American Chemical Society, Washington, DC. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1021/bk-2011-1069.ch015>
87. Chai, L., Wang, Y., Wang, X., Ma, L. et al. (2021). Pollution characteristics, spatial distributions, and source apportionment of heavy metals in cultivated soil in Lanzhou. *China. Ecol. Indic.*, 125, 107507. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107507>
88. Splodytel, A., Sorokina, L., Lunova, O. (2021). Landscape geochemical conditions and patterns of inter-element redistribution of heavy metals in landscapes of Kivertsi National Nature Park “Tsumanska Pushcha”. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 30(1), 165–178. Retrieved from: <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/112115>
89. Nie, Q., Wang, W., Guo, W., Li, H. (2021). Experimental Study on the Coupled Heat-Moisture-Heavy Metal Pollutant Transfer Process in Soils. *Advances in Civil Engineering*, 2021, Article ID 5510217, 10. Retrieved from: <https://doi.org/10.1155/2021/5510217>
90. Beck, A.J., Gledhill, M., Schlosser, C., Stamer, B., et al. (2018). Spread, behavior, and ecosystem consequences of conventional munitions compounds in coastal marine waters. *Front. Mar. Sei.*, 5, 141. Retrieved from: <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00141>
91. Bai, B., Rao, D., Xu, T., Chen, P. (2018). SPH-FDM boundary for the analysis of thermal process in homogeneous media with a discontinuous interface. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 117, 517–526. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2017.10.004>
92. Huang, B., Yuan, Z., Li, D., Zheng, M., Nie, X., Liao, Y. (2020). Effects of soil particle size on the adsorption, distribution, and migration behaviors of heavy metal(loid)s in soil: a review. *Environmental Science: Processes & Impacts.*, 8, 1790–1808. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1039/D0EM00189A>
93. Forero, R. (2014). Partitioning model of the adsorption of explosives from soils to determine its environmental fate. *Rev. Crim.*, 56 (3), 139–152.
94. Dube, A., Zbytniewski, R., Kowalkowski, T., Cukrowska, E. (2001). Adsorption and Migration of Heavy Metals in Soil. *Polish Journal of Environmental Studies*, 10(1), 1–10.
95. Fayiga, A.O. (2019). Remediation of inorganic and organic contaminants in military ranges. *Environ. Chem.*, 16 (2), 81–91. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1071/EN18196>
96. Galušková, I., Borůvka, L., Drábek, O. (2011). Urban Soil Contamination by Potentially Risk Elements. *Soil and Water Research.*, 6(2), 55–60. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.17221/55/2010-SWR>
97. *Natsional'nyy klasyfikator Ukrainy. Klasyfikator nadzvychaynykh sytuatsiy DK 019:2010*. Kyiv, Derzhspozhyvstandart Ukrainy (2010). 23 s. Retrieved from: <https://www.zakon.rada.gov.ua/rada/show/va457609-10>
98. Kodeks tsyvil'noyi zakhystu Ukrainy: Vidomosti Verkhovnoyi Rady (VVR), 2013, № 34-35, st.458. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>
99. Loboichenko, V., Strelec, V. (2018). The natural waters and aqueous solutions express-identification as element of determination of possible emergency situation. *Water and Energy International*, 61r, 9, 43–50.
100. *A Strategic Framework for Emergency Preparedness*. Printed by the WHO Document Production Services. Geneva, Switzerland (2017). 17.
101. *Pro zatverdzhennya Polozhennya pro derzhavnu systemu monitorynhu dovkillya*: Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 30 bereznya 1998 r. №391 Kyiv. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF#Text>
102. *Pro zatverdzhennya Polozhennya pro monitorynh zemel*: Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 20 serpnya 1993 r. №661. Kyiv. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-93-%D0%BF#Text>
103. *Pro zatverdzhennya Polozhennya pro monitorynh gruntiv na zemlyakh sil's'koho pryznachennya*: nakaz Ministerstvo aharnoyi polityky Ukrainy vid 26.02.2004. № 51. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0383-04#Text>
104. *Pro okhoronu zemel'*: Zakon Ukrainy Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrainy (VVR), 2003 № 39, st.349. – Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text>
105. *Zemel'nyy Kodeks Ukrainy*: Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrainy (VVR), 2002, № 3–4, st.27. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>
106. Chorny, S.H. (2018). *Otsinka yakosti gruntiv: navchal'nyy posibnyk*. 233.

107. Pro zatverdzhennya normatyviv hranychno dopustymykh kontsentratsiy nebezpechnykh rehovyn u gruntakh, a takozh pereliku takykh rehovyn: Postanova Kabinet Ministriv Ukrainy vid 15 hrudnya 2021 r. №1325 Kyiv. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1325-2021-%D0%BF#Text>
108. Yakovishyna, T.F. (2016). Ekolohichna otsinka polielementnoho zahryaznennya vazhkymy metalamy gruntiv m. Dnipropetrovs'ka. *Visnyk Kryvoriz'koho natsional'noho universytetu*, 41, 78–83. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vktu_2016_41_19
109. Teng, Y., Liu, L., Zheng, N., Liu, H. (2022). Application of Different Indices for Soil Heavy Metal Pollution Risk Assessment Comparison and Uncertainty: A Case Study of a Copper Mine Tailing Site. *Minerals*, 12(9), 1074. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/min12091074>
110. Wei, B., Yang, L. (2010). A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. *Microchemical Journal*, 94, 99–107. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2009.09.014>
111. Fang, A. Dong, J., An, Y. (2019). Distribution Characteristics and Pollution Assessment of Soil Heavy Metals under Different Land-Use Types in Xuzhou City, China. *Sustainability*, 11(7), 1832. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/su11071832>
112. Xu, Z. et al. (2021). Comprehensive evaluation of soil quality in a desert steppe influenced by industrial activities in northern China. *Sci. Rep.* 11, 17493. Retrieved from: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-96948-7>
113. Bartkowiak, A., Lemanowicz, J., Lamparski, R. (2020). Assessment of selected heavy metals and enzyme activity in soils within the zone of influence of various tree species. *Sci. Rep.*, 10, 14077. Retrieved from: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69545-3>
114. Rybalova, O.V., Korobkina, K.M. (2017). Novyy pidkhd do otsinky zabrudnennya gruntiv vazhkymy metalamy. Proceedings of the “II International Scientific and Practical Conference “Topical problems of modern science. Warsaw, Poland, 86–90.
115. Astel, A.M., Chepanova, L., Simeonov, V. (2011). Soil contamination interpretation by the Use of Monitoring Data Analysis. *Water and Air Pollution.*, 216, 375–390. Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s11270-010-0539-1>
116. Chen, T.B., Wong, J.W.C., Zhou, H.Y. (1997). Assessment of trace metal distribution and contamination in surface soils of Hong Kong. *Environmental Pollution*, 96 (1), 61–68. Retrieved from: [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(97\)00003-1](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(97)00003-1)
117. Galuškova, I., Borůvka, L., Drábek, O. (2011). Urban Soil Contamination by Potentially Risk Elements. *Soil and Water Research*, 6(2), 55–60. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.17221/55/2010-SWR>
118. EU Soil Strategy for 2030 Reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate. Communication from the Commission. Retrieved from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0699>
119. *Monitorynh dovkillya Analitychna zapyska shchodo stanu ta perspektyv rozvytku derzhavnoyi systemy monitorynhu dovkillya* 2023. Ukraina, Kyiv. Retrieved from: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/02/Monitoring-Green-Paper_15_02_2022.pdf
120. Weir, D., Mcquillan, D., Francis, R.A. (2019). Civilian science: the potential of participatory environmental monitoring in areas affected by armed conflicts. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(10). Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7773-9>
121. Björnham, O., Grahn, H., von Schoenberg, P., Liljedahl, B., Waleij, A., & Brännström, N. (2017). The 2016 Al-Mishraq sulphur plant fire: source and health risk area estimation. *Atmospheric Environment*, 169, 287–296. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.09.025>
122. Rodriguez-Eugenio, N., McLaughlin, M., Pennock, D. (2018). *Soil Pollution: a hidden reality*. Rome, FAO. 142. Retrieved from: <https://www.fao.org/3/I9183EN/i9183en.pdf>
123. Lawrence, M.J., Stemberger, H.L.J., Zolderdo, A.J., Struthers, D.P., Cooke, S.J. (2015). The effects of modern war and military activities on biodiversity and the environment. *Environmental Reviews*, 23(4), 443–460. Retrieved from: <https://doi.org/10.1139/er-2015-0039>
124. Pishchulina, O., Yurchyshyn, V. (2023). *Mihratsiyni proyavy ta vplyvy – uroky dlya Ukrainy: Analitychna dopovid'*. Tsentrazumkova, 13 s.
125. Hesse, R. (2014). Geomorphological traces of conflict in high-resolution elevation models. *Applied Geography*, 46, 11–20. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.10.004>
126. Duncan, E.C., Skakun, S., Kariryaa, A., Prishchepov, A. (2023). Detection and mapping of artillery craters with very high spatial resolution satellite imagery and deep learning. *Science of Remote Sensing*, 7, 100092. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.srs.2023.100092>
127. Gholizadeh, M.H., Melesse, A.M., Reddi, L. (2016). A comprehensive review on water quality parameters estimation using remote sensing techniques. *Sensors*, 16(8), 1298. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/s16081298>
128. Zhang, S.Y. (2021). GIS-based evaluation of soil heavy metal pollution and health risk assessment in different functional areas [J]. *J. Environ. Eng. Technol.*, 1–13.
129. Zhao, L., Hu, Y., Zhou, W., Liu, Z. H., Pan, Y. C., Shi, Z., et al. (2018). Estimation methods for soil mercury content using hyperspectral remote sensing. *Sustainability*, 10 (7), 2474. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/su10072474>
130. Khan, J., Singh, R., Upreti, P., Yadav, R.K. (2022). Geo-statistical assessment of soil quality and identification of Heavy metal contamination using Integrated GIS and Multivariate statistical analysis in Industrial region of Western India. *Environmental Technology & Innovation*, 28, 102646, Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102646>
131. Massas, I., Ehaliotis, C., Kalivas, D. et al. (2010). Concentrations and Availability Indicators of Soil Heavy Metals; the Case of Children's Playgrounds in the City of Athens (Greece). *Water Air Soil Pollut*, 212, 51–63 Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s11270-009-0321-4>
132. Zhang, C., Luo, L., Xu, W., Ledwith, V. (2008). Use of local Moran's I and GIS to identify pollution hotspots of Pb in urban soils of Galway, Ireland, *Science of The Total Environment*, 398(1–3), 212–221. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.03.011>
133. Kheir, R.B., Greve, M.H., Abdallah, C., Dalgaard, T. (2010). Spatial soil zinc content distribution from terrain parameters: A GIS-based decision-tree model in Lebanon. *Environmental Pollution*, 158, 2, 520–528. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.08.009>
134. Yudhana, A., Sulisty, D., Mufandi, I. (2021). GIS-based and Naïve Bayes for nitrogen soil mapping in Lendah, Indonesia. *Sensing and Bio-Sensing Research*, 33, 100435. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2021.100435>
135. El Behairy, Radwa A., Ahmed A. El Baroudy et al. (2022). Combination of GIS and Multivariate Analysis to Assess the Soil Heavy Metal Contamination in Some Arid Zones. *Agronomy*, 12, 11, 2871. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/agronomy12112871>
136. Davidson, H., Williams, G. (2009). *Soil sampling of contaminated land*. AWE International Magazine. Retrieved from: <https://www.aweimagazine.com/article/soil-sampling-of-contaminated-land-336>
137. Isildak, O., Ozbek, O. (2021). Application of potentiometric sensors in real samples. *Crit. Rev. Anal. Chem.*,

- 51, 2018–2231. Retrieved from: <https://doi.org/10.1080/10408347.2019.1711013>
138. Zdrachek, E., Bakker, E. (2021). Potentiometric sensing. *Anal. Chem.*, 93, 72–102. Retrieved from: <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.8b04681>
139. Quintana, H., Ramirez, J.L., Rubio, E.F., Marquez, E., Gonzalez, G., Gonzalez, G., Uruchurtu, J. (2013). Electrochemical sensor based on polypyrrole for the detection of heavy metals in aqueous solutions. *ECS Trans.*, 47, 265–273. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1149/04701.0265ecst>
140. Yasri, N.G., Halabi, A.J., Istamboulie, G., Noguier, T. (2011). Chronoamperometric determination of lead ions using PEDOT:PSS modified carbon electrodes. *Talanta*, 85, 2528–2533. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2011.08.013>
141. Somerset, V., Leaner, J., Mason, R., Iwuoha, E., Morrin, A. (2010). Development and application of a poly (2, 2'-dithiodianiline)(PDTDA)-coated screen-printed carbon electrode in inorganic mercury determination. *Electrochim. Acta*, 55, 4240–4246. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.electacta.2009.01.029>
142. Dong, Y.P., Zhou, Y., Ding, Y., Chu, X.F., Wang, C.M. (2014). Sensitive detection of Pb(II) at gold nanoparticle/polyaniline/graphene modified electrode using differential pulse anodic stripping voltammetry. *Anal. Methods*, 6, 9367–9374.
143. Ashraf, I., Ahmad, F., Sharif, A., Altaf, A.R., Teng, H. (2021). Heavy metals assessment in water, soil, vegetables and their associated health risks via consumption of vegetables, District Kasur, Pakistan. *SN Appl. Sci.*, 3, 552. Retrieved from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-021-04547-y>
144. Linnert, A., Musiał, J. (2019). Investigation of the content of selected heavy metals – Lead and cadmium in a soil section. *Analit*, 7, 32–43.
145. Nadgórska-Socha, A., Wójcik, A., Spiler, J., Dabioch, M. (2017). Assessment of the degree of heavy metal accumulation in common dandelions and soil using ICP-OES technique. *Wydaw. Uniw. Śląskiego*. Retrieved from: <https://rebus.us.edu.pl/handle/20.500.12128/7839>
146. Alves, S., dos Santos, M.M., Trancoso, M.A. (2009). Evaluation of measurement uncertainties for the determination of total metal content in soils by atomic absorption spectrometry. *Accreditation and Quality Assurance*, 14, 87–93. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00769-008-0484-5>
147. Ercan, M.S.F., Ayyıldız, M.F., Chormey, D.S., Bakırdere, S. (2021). Determination of copper in traditional coffee pot water samples by atomic absorption spectrometry and matrix matching calibration strategy after switchable solvent based liquid-phase microextraction. *Environ. Monit. Assess.*, 193 (1), 1–7.
148. Schreiter, N., Wiche, O., Aubel, I., Bertau, M. (2021). Determination of germanium in plant and soil samples using high-resolution continuum source graphite furnace atomic absorption spectrometry (HR-CS GF AAS) with solid sampling. *Journal of Geochemical Exploration*. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gexplo.2020.106674>
149. Baker, S.A., Bi, M., Aucelio, R.Q., Smith, B.W., Winefordner, J.D. (1999). Analysis of soil and sediment samples by laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 14, 19–26.
150. Ezer, M. (2009). Heavy metal content of roadside soil in kahramanmaras, Turkey. *January Fresenius Environmental Bulletin*, 18(5), 704–708.
151. Arroya, L., Trejos, T., Gardinali, P.R., Almirall, J.R. (2009). Optimisation and validation of a laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry methods for the routine analysis of soils and sediments. *Spectrochimica Acta B*, 64, 16–25. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.sab.2008.10.027>
152. Yalcin, M.G., Tumuklu, A., Sonmez, M., Erdağ, D.Ş. (2009). Application of multivariate statistical approach to identify heavy metal sources in bottom soil of the Seyhan River (Adana), Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 164(1-4), 311–22. Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s10661-009-0894-9>
153. Anju, M., Banerjee, D.K. (2012). Multivariate statistical analysis of heavy metals in soils of a Pb–Zn mining area, India. *Environ. Monit. Assess.*, 184, 4191–4206. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-011-2255-8>
154. Yao, S., Nong, D., Zhao, F. (2018). Application of multivariate statistical theory in traceability analysis of heavy metals in mining area soils. *China Resour. Compr. Util.*, 36, 152–155.
155. Pîrnău, R.G., Patriche, C.V., Roşca, B., Vasiliniuc, I., Vornicu, N., Stanc, S. (2020). Soil spatial patterns analysis at the ancient city of Ibida (Dobrogea, SE Romania), via portable X-ray fluorescence spectrometry and multivariate statistical methods. *CATENA*, 189, 104506. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104506>
156. Shackley, M.S. (2011). An Introduction to X-Ray Fluorescence (XRF) Analysis in Archaeology X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology. *Springer*, 7–44.
157. Wang, K., Qiao, Y., Zhang, H., Yue, S., Li, H., Ji, X., Liu, L. (2018). Bioaccumulation of heavy metals in earthworms from field contaminated soil in a subtropical area of China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 148, 876–883. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.11.058>
158. Tischer, S., Tanneberg, H., Guggenberger, G. (2008). Microbial parameters of soils contaminated with heavy metals: Assessment for ecotoxicological monitoring. *Polish Journal of Ecology Pol. J. Scol.*, 56, 471–479.
159. Divizinyuk, M.M., Yeremenko, S.O., Lyevtiyerov, O.O., Prus'kyi, O.V., Strilets', V.V., Strilets', V.M., Shevchenko, R.I. (2022). *Teoretychni zasady paradyhmy «Tsyvil'nyy zahyst»: monohrafiya*. Pid zah. redaktsiyeyu M.M. Divizinyuka ta R.I. Shevchenka. Kyiv: TOV "AZIMUT-PRINT", 335 s.
160. Shevchenko, R.I. (2016) Obgruntuvannya pidkhodiv do klasyfikatsiyi nadzvychaynykh sytuatsiy pryrodnoho ta tekhnolohnoho kharakteru u konteksti rozbudovy systemy monitorynhu. *Problemy nadzvychaynykh sytuatsiy*, 23. 192–207.
161. *Pro zatverdzhennya Poryadku klasyfikatsiyi nadzvychaynykh sytuatsiy za yikh rivnyamy*: Postanovy Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 24.03.2004 r. № 368. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/368-2004-%D0%BF#Text>

Рецензент: д.т.н., проф., начальник кафедри автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій Р.І. Шевченко, Національний університет цивільного захисту України, Україна.

Автор: РАШКЕВИЧ Ніна Владиславна PhD, старший викладач кафедри пожежної профілактики в населених пунктах Національний університет цивільного захисту України
E-mail – nine291085@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5124-6068>

ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF WARNING OF EMERGENCY SITUATIONS IN THE TERRITORIES OF UKRAINE WHICH WERE SUFFERED BY ROCKET AND ARTILLERY IMPACTS

N. Rashkevich

National University of Civil Defence of Ukraine, Ukraine

The author created an array of soil disturbances as a result of military operations. Physical and chemical exposure lead to a drastic increase in dangerous factors. Dangerous factors to local (in the worst case scenario to background) changes in indicators of physical and chemical properties (condition) of soils, they have a long-term nature of danger to the soil environment and pose a danger to the population and territories.

The author established that there is a primary accumulation of pollutants in the soil with subsequent redistribution both in the soil itself and in other environments - surface and underground waters. The process of modeling the spread of pollutants is a complex task due to the need to take into account many variables in time and space, physical and chemical parameters of the soil, as well as environmental conditions and the form of pollutants.

Scientific developments in the field of monitoring and ecological-geochemical assessment of soil conditions are fragmentary in nature. To date, no universal methodologies have been created for assessing the safety of soils in territories affected by war and approaches regarding the permissible level of their pollution for the prevention of emergency situations. Research should be conducted using a complex of field, remote and laboratory methods.

The author determined that the development of new organizational and technical methods of emergency prevention in territories that have suffered missile and artillery damage, based on comprehensive forecasting, monitoring and modeling of soil hazards, should be based on unified methodological positions regarding the place and role of the processes of prevention, prevention, localization and liquidation in the structure of the general process of combating emergency situations. The methodologies were previously tested in a number of works on the development and implementation of organizational, operational engineering and information methods for the prevention of emergency situations of various types of occurrence and spread.

Keywords: *military-technogenic load, soil pollution, solid metals, emergency happening, prevention of emergency situations.*