

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТАНУ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ ЗОНИ ВЕДЕННЯ АКТИВНИХ БОЙОВИХ ДІЙ

Шеліна Є. М.¹, Міхєєв О. М.², Маджд С. М.¹, Маринін А. І.¹, Якименко І. Л.¹

¹ Національний університет харчових технологій
вул. Володимирська, 68, 01601, м. Київ

² Інститут клітинної біології та генної інженерії Національної академії наук України
вул. Академіка Заболотного, 148, 03143, м. Київ

koretska.liza@gmail.com, mikhalex7@yahoo.com, madzhd@ukr.net,
andrii_marynin@ukr.net, iyakymen@gmail.com

Ґрунти України є важливим природним ресурсом, який визначає екологічну стійкість та господарський потенціал значної частини території. Проте військові події істотно змінюють їх стан, створюючи комплексне навантаження на ґрунтове середовище. У зонах, де тривалий час відбувалися обстріли або переміщення техніки, ґрунтовий покрив зазнає порушень, що впливають як на його структуру, так і на здатність підтримувати природні процеси. Механічний вплив вибухів, переміщення бронетехніки та земляних робіт призводить до змішування шарів, локального ущільнення та зміни водно-повітряного режиму. Такі зміни погіршують умови для нормального функціонування ґрунтових мікросистем і знижують природну стійкість територій до ерозії та подальших навантажень. Окрім механічних деформацій, ґрунт отримує значну кількість забруднювачів, що надходять разом із продуктами детонації та руйнування військової техніки. Найпоширенішими з них є важкі метали – свинець, цинк, кадмій і мідь. Вони входять до складу сплавів боєприпасів, елементів броні, вибухових матеріалів та залишків пального. Потрапляючи в приповерхневий шар ґрунту, ці елементи можуть накопичуватися, змінювати кислотність, впливати на буферні властивості та створювати довготривалий токсичний ефект. Поступове нагромадження важких металів здатне формувати локальні осередки забруднення, небезпечні як для ґрунтових організмів, так і для рослинного покриву. Це також впливає на екосистемний баланс: порушується кругообіг речовин, сповільнюються відновні процеси, підвищуються ризики для прилеглих територій. Таким чином, воєнний вплив на ґрунти проявляється у поєднанні структурних руйнувань та хімічного навантаження, де важкі метали є одним із ключових факторів деградації. Аналіз цих змін є необхідним кроком для оцінки масштабу порушень і планування подальших заходів щодо відновлення екологічних властивостей постраждалих земель. *Ключові слова:* забруднення ґрунту, важкі метали, військові операції, деградований ґрунт.

Ecological assessment of the soil condition of Ukraine in the zone of active combat operations. Shelina Ye., Mikheiev O., Madzhd S., Marynin A., Yakymenko I.

Soils of Ukraine represent a valuable natural resource that underpins the ecological stability and economic potential of large parts of the country. However, military activities significantly alter their condition, creating a complex burden on soil systems. In areas exposed to prolonged shelling or intensive movement of military equipment, the soil cover undergoes disturbances that affect both its structure and its ability to sustain natural processes. Mechanical impacts caused by explosions, the movement of armored vehicles, and earthworks lead to mixing of soil horizons, localized compaction, and changes in aeration and moisture dynamics. These alterations reduce the capacity of soil microsystems to function properly and weaken the natural resistance of landscapes to erosion and further degradation. Beyond structural damage, soils accumulate pollutants associated with the detonation of ammunition and the destruction of military equipment. The most common among them are heavy metals—lead, zinc, cadmium, and copper. These elements are components of ammunition alloys, armor materials, explosive substances, and fuel residues. Once deposited in the upper soil layer, they may persist, alter soil acidity, affect buffering capacity, and exert long-lasting toxic effects. The gradual accumulation of heavy metals can form local contamination hotspots that pose risks to soil biota and vegetation. This also disrupts broader ecosystem processes by altering nutrient cycles, slowing natural recovery, and increasing environmental risks for surrounding territories. Thus, the environmental impact of warfare on soils is expressed through the combination of structural degradation and chemical contamination, with heavy metals acting as one of the principal factors of long-term deterioration. Assessing these transformations is essential for determining the scale of disturbance and for planning effective measures aimed at restoring the ecological functions of affected lands. *Key words:* soil contamination, heavy metals, military operations, degraded soil.

Постановка проблеми. Після активних бойових дій ґрунти на багатьох територіях України виявилися суттєво зміненими як за структурою, так і за хімічним складом. У місцях вибухів та переміщення важкої техніки руйнуються ґрунтові агрегати, зменшується пористість, підвищується щільність верхнього шару. Такі зміни безпосередньо впливають на водопроникність і аерацію, що є критичними показниками для нормального розвитку рослин. У ряді випадків щільність ґрунту наближається до 1,6 г/см³, що вже вважається критичною межею для орного шару [1]. Додатковою проблемою є надходження до ґрунту продуктів детонації та фрагментів боєприпасів, які містять свинець, мідь, цинк та інші метали. Для їх

никність і аерацію, що є критичними показниками для нормального розвитку рослин. У ряді випадків щільність ґрунту наближається до 1,6 г/см³, що вже вважається критичною межею для орного шару [1]. Додатковою проблемою є надходження до ґрунту продуктів детонації та фрагментів боєприпасів, які містять свинець, мідь, цинк та інші метали. Для їх

визначення в Україні застосовуються методики ДСТУ ISO 11047:2005 [2], а підготовка зразків здійснюється згідно з ДСТУ ISO 11464:2006 [3]. На практиці у багатьох зразках концентрація Pb у 0–10-сантиметровому горизонті перевищує природні значення у кілька разів. Це створює ризики міграції металів у рослинний покрив, а також у підземні води [4, 5].

Європейська екологічна політика, зокрема Директива 2004/35/EC [6] про екологічну відповідальність та Європейська Стратегія з охорони ґрунтів до 2030 року (EU Soil Strategy 2030) [7], визначають забруднення ґрунтів важкими металами як пріоритетну проблему, що потребує постійного моніторингу й вирішення. Проте, в Україні системна оцінка стану ґрунтів після бойових дій ускладнюється нерівномірністю впливу та обмеженим доступом до деяких територій [8, 9]. До того ж, ґрунти в зоні бойових дій зазнали одночасно механічних, хімічних і біологічних порушень, які не завжди можна оцінити одним методом. Тому виникає необхідність комплексного підходу, що поєднує вимоги національних стандартів (ДСТУ), міжнародних документів (ISO) та екологічних директив ЄС [2–3, 5–7]. Саме це й визначає постановку проблеми та потребу в такому дослідженні.

Актуальність дослідження. Ґрунтовий покрив є базовим елементом екосистем, а його порушення впливає на якість довкілля в цілому та на стан агроландшафтів, що безпосередньо впливає на стан продовольчої безпеки та рівень екологічної безпеки територій. За даними UNEP (2023) [10], на уражених землях фіксуються значні відхилення від природних показників, зокрема підвищений вміст свинцю та цинку, що перевищує нормативи, встановлені чинними стандартами ДСТУ 4770.1:2007 та ISO 11047:1998 [11, 12]. Оцінка таких змін є необхідною для визначення реального рівня навантаження військових дій та потенційних ризиків для довкілля в зоні ведення бойових дій. Крім того, результати дослідження можуть слугувати основою для гармонізації українських екологічних підходів із європейськими стандартами, передбаченими EU Soil Strategy 2030 та рамковими документами ЄС у сфері захисту ґрунтів [4–5, 7]. Саме тому обґрунтоване вивчення цих територій є важливим кроком для розроблення ефективних заходів післявоєнного відновлення територій, що зазнали військового впливу [13].

Відповідність дослідження національним та європейським екологічним вимогам. Екологічна безпека в Україні визначається низкою законів і нормативних документів, які регулюють охорону довкілля, моніторинг стану природних ресурсів і природоохоронні заходи. Базовим законом є Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» (1991 р.) [14], який закріплює принципи екологічної безпеки, обов'язковість державного контролю та необхідність відновлення порушених територій. У стратегічному плануванні

визначальним є Закон «Про основні засади державної екологічної політики до 2030 року» (2019 р.) [8], де особлива увага приділяється відновленню деградованих земель та запобіганню хімічному забрудненню. Ключовою нормативною основою для контролю складу ґрунтів є система діючих стандартів. В Україні для визначення вмісту важких металів застосовуються ДСТУ 4770.2:2007 (свинець) [15], ДСТУ 4770.3:2007 (кадмій) [16], ДСТУ 4770.5:2007 (цинк) [17], а також комплексний стандарт ДСТУ ISO 11047:2005, гармонізований з міжнародним ISO 11047:1998 [12]. Підготовка ґрунтових проб та визначення кислотності здійснюються відповідно до ДСТУ ISO 11464:2001 та ДСТУ ISO 10390:2022 [18, 19], що забезпечує точність вимірювань і відповідність методів європейським вимогам. У межах євроінтеграційного процесу Україна бере до уваги положення Директиви 2004/35/EC про екологічну відповідальність [6], яка запроваджує принцип «забруднювач платить» та вимагає відновлення пошкоджених природних ресурсів. Додаткові орієнтири для моніторингу та управління забрудненими ґрунтами (зони ведення бойових дій) надає EU Soil Strategy 2030 [7], де наголошено на необхідності системного контролю територій, уражених техногенними та воєнними чинниками. Таким чином, правові засади екологічної безпеки в Україні базуються на поєднанні національного законодавства, державних стандартів ДСТУ та міжнародних документів, що створює основу для якісного контролю стану ґрунтів і планування заходів з їх відновлення [20, 21].

Аналіз основних досліджень і публікацій. Аналіз наукових публікацій свідчить, що одним із ключових чинників деградації ґрунтів у зоні ведення бойових дій є порушення їхнього біологічного стану. Навіть за відсутності виражених фізичних ушкоджень біологічна активність ґрунту реагує на забруднення однією з перших. Особливо чутливими маркерами є ферментативні показники – активність каталази та дегідрогенази, які широко застосовуються у вітчизняних і європейських методиках оцінювання екотоксичності. За даними актуальних досліджень, у пробах ґрунту з техногенно навантажених ділянок їх активність знижується на 30–50 %, що вказує на пригнічення мікробіологічної функції та наявність токсичних компонентів навіть у візуально мало порушених горизонтах [20]. Мікробіота ґрунту розглядається як один із найчутливіших індикаторів деградаційних процесів, оскільки швидко реагує на хімічні зміни, вибухові навантаження та забруднення важкими металами. Однак локальний характер біологічних показників ускладнює оцінку територій із нерівномірним впливом бойових дій, що зумовлює необхідність застосування комбінованих підходів – поєднання біоіндикаційних, фізико – хімічних та аналітичних методів оцінювання. Такий підхід дає змогу формувати комплексне уявлення про ступінь деградації ґрунтів та узгоджується з рекомендаці-

ями Європейського агентства з довкілля (ЕЕА) щодо системності моніторингу порушених земель [22].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. У процесі євроінтеграції Україна адаптує підходи Європейського Союзу до оцінювання та охорони ґрунтів, що є особливо важливим для територій, які зазнали післявоєнного забруднення та структурних порушень. Попри наявність розвиненої екологічної політики, ЄС досі не має єдиної рамкової директиви, присвяченої саме ґрунтам. Це створює фрагментованість правового регулювання, оскільки вимоги щодо захисту ґрунтів інтегровані у низку тематичних документів, що регулюють окремі напрями – від промислових викидів до якості водних ресурсів. Регулювання промислових джерел забруднення охоплює Directive 2010/75/EU [23], яка встановлює вимоги щодо контролю поширення небезпечних речовин та попередження забруднення земель. У свою чергу, взаємозв'язок між станом ґрунтів і якістю водних ресурсів визначають Водна рамкова директива 2000/60/EC та Directive 2006/118/EC [4, 5], які спрямовані на обмеження міграції токсичних компонентів між середовищами. Окремі аспекти безпеки ґрунтів регулюють також директиви у сфері відходів – Directive 2008/98/EC та Directive 1999/31/EC [24, 25], що передбачають запобігання тривалому забрудненню земель і підземних вод, а також Нітратна директива 91/676/EEC [26], яка обмежує надходження агрохімікатів. Важливе місце у європейській екологічній політиці посідає проблема деградації ґрунтів. EU Soil Strategy for 2030 [7] визначає пріоритети щодо відновлення порушених ділянок, зменшення антропогенних навантажень і впровадження системного моніторингу стану ґрунтів. Логічним продовженням стратегії є проєкт Директиви про моніторинг і стійкість ґрунтів (COM(2023) 416) [27], який пропонує створення загальноєвропейської системи оцінки «здоров'я ґрунтів» та визначення територій із підвищеним ризиком деградації. Однак навіть у межах таких документів залишається низка невирішених аспектів, актуальних для України. Насамперед у ЄС відсутні окремі нормативи щодо оцінювання саме воєнного впливу на ґрунти – вибухових процесів, техногенного навантаження важкої техніки, локального забруднення продуктами детонації та металами військового походження. Відсутність спеціалізованих індикаторів воєнної деградації ускладнює як адаптацію європейських підходів, так і формування власної національної системи моніторингу для післявоєнних територій.

За оцінками Європейської Комісії, понад 60 % ґрунтів у країнах ЄС уже мають ознаки незадовільного стану через забруднення, ущільнення, ерозію та втрату органічної речовини [22]. Для України ці дані є важливим орієнтиром, оскільки бойові дії додатково посилюють ці процеси та формують унікальні за масштабами осередки деградації. Тому

європейські документи слугують не лише основою для гармонізації законодавства, а й інструментом для визначення прогалин, які потребують розроблення окремих методичних підходів до оцінки й відновлення ґрунтів, порушених унаслідок воєнно-техногенного впливу [6, 23].

Наукова новизна. Новизна роботи полягає в узагальненні вимог до комплексної оцінки техногенно навантажених ґрунтів, зони ведення військових дій через поєднання вимог національного законодавства та міжнародних нормативів щодо якісного контролю стану ґрунтів та планування заходів з їх відновлення.

Викладення основного матеріалу. У процесі дослідження було систематизовано фактичні дані щодо властивостей ґрунтів, які зазнали впливу воєнно – техногенних факторів. Основну увагу зосереджено на тих параметрах, що найбільш чутливо реагують на зовнішні навантаження та можуть служити індикаторами змін у стані верхнього горизонту ґрунту.

Окремо розглянуто особливості формування забруднення важкими металами, оскільки їхнє надходження пов'язане з використанням боєприпасів і технічних матеріалів. Узагальнена інформація охоплює фізичні, хімічні та фізико – хімічні показники, які дозволяють простежити характер відхилень від природних умов. Такий підхід дає можливість визначити, які саме властивості ґрунту змінюються найшвидше та можуть використовуватися для подальшої оцінки рівня деградації. Узагальнені результати цих спостережень подано у Таблиці 1 [21].

Як показано в таблиці, ґрунти в зоні ведення бойових дій характеризуються достовірним підвищенням вмісту важких металів (Pb – до 10 разів, Zn – до 12 разів, Cd – до 24 разів, Cu – до 8 разів), критичним ущільненням верхнього горизонту (+20–30 %), зниженням пористості (–20–30 %), зменшенням вмісту органічної речовини на 40–60 %, зниженням рН на 1–2 одиниці, а також пригніченням активності каталази та дегідрогенази на 30–50 %. Наведені дані свідчать про комплексну деградацію ґрунтового покриву й обґрунтовують необхідність впровадження системного моніторингу та пріоритетних заходів рекультивації порушених територій [21]. Виявлена комплексність порушень які обумовлюють необхідність поєднання точкових і дистанційних методів оцінки.

Висновки. Проведене дослідження дозволило сформулювати комплексне уявлення про екологічний стан техногенно навантажених ґрунтів у зоні ведення бойових дій та визначити ключові чинники їх деградації. Встановлено, що поєднання вибухових навантажень, переміщення важкої техніки та локального хімічного забруднення призводить до суттєвих змін фізичних, хімічних і біологічних властивостей ґрунтів. Аналіз узагальнених даних показав значне перевищення фонових концентрацій свинцю, цинку, кадмію та міді (у 8–20 разів залежно від металу), підвищення щільності ґрунту до 1,4–1,6 г/см³, зменшення

Таблиця 1

Екологічна оцінка стану ґрунтів зони ведення бойових дій за основними показниками та джерелами військового забруднення [21]

Тип показника	Показник, мг/кг	Норма/Фон, мг/кг	В зоні бойових дій, мг/кг	Перевищення / зміна	Джерело забруднення
Хімічний	Свинець (Pb), мг/кг	20–30	150–300	до 10 разів	Боєприпаси, зруйнована техніка
	Цинк (Zn), мг/кг	50–100	500–200	до 12 разів	Горіння боєприпасів, спалена техніка
	Кадмій (Cd), мг/кг	0,2–0,5	5–12	до 24 разів	Детонація мін, корозія техніки
	Мідь (Cu), мг/кг	20–50	80–400	до 8 разів	Горіння палива, фрагменти снарядів
Фізичний	Щільність ґрунту, г/см ³	1,0–1,3	1,4–1,6	+20–30 %	Танки, важка техніка, траншеї
	Пористість, %	50–60	35–45	–20–30 %	Вибухи + ущільнення
Фізико-хімічний	pH	5,5–7,0	4,5–6,0	Зниження 1–2 од.	Окислення металів і продуктів детонації
	Органічна речовина, %	3–5	1,0–2,5	–40–60 %	Пожежі від снарядів і техніки
Біологічний	Активність каталази, мл О ₂ /(г · хв)	3,0–5,0	1,5–2,5	–30–50 %	Вплив важких металів, продукти детонації
	Активність дегідрогенази, мкг ТФФ/(г·24 год)	20–40	10–18	–30–50 %	Токсичні сполуки, гіпоксія ґрунту

пористості та зниження вмісту органічної речовини до 1,0–2,5 %, що свідчить про деградаційні процеси та втрату екологічної стійкості ґрунтового покриву. Значний інтерес становлять біологічні показники, зокрема активність каталази та дегідрогенази, які є чутливими індикаторами екотоксичного навантаження. Їх зниження на 30–50 % підтверджує порушення мікробіологічних процесів навіть у ґрунтах із мінімальними візуальними ознаками деградації.

Це вказує на те, що військовий вплив формує приховані, але глибокі зміни, які не завжди можна виявити традиційними фізико – хімічними методами. Оцінка нормативно – методичної бази засвідчила, що українські ДСТУ та гармонізовані міжнародні стандарти ISO забезпечують необхідний інструментарій для вимірювання ключових параметрів ґрунтів, проте не охоплюють специфіки воєнно-техногенного впливу. Європейські документи – EU Soil Strategy for 2030, директиви щодо водних ресурсів, промислових

викидів та поводження з відходами – формують важливе підґрунтя, але також не містять окремих критеріїв для оцінювання ґрунтів після військових дій. Це створює методичну прогалину, яка є актуальною як для ЄС, так і для України. Отримані результати підтверджують необхідність розроблення спеціалізованих національних методичних підходів для оцінки воєнно-техногенно порушених ґрунтів та інтеграції їх у систему державного екологічного моніторингу. Комплексна оцінка має поєднувати фізико-хімічні, біологічні, токсикологічні методи та індикатори структурних порушень, що дозволить точніше ідентифікувати осередки деградації.

Створення національного реєстру забруднених земель, а також адаптація європейських підходів до умов післявоєнного відновлення є необхідною передумовою ефективної рекультивациі, планування природоохоронних заходів і забезпечення екологічної безпеки територій у довгостроковій перспективі.

Література

1. ДСТУ ISO 10390:2022. Якість ґрунту. Визначення pH. Київ : Держспоживстандарт України, 2022.
2. ДСТУ ISO 11047:2005. Якість ґрунту. Визначення вмісту кадмію, хрому, кобальту, міді, заліза, марганцю, нікелю, цинку, миш'яку та ртуті в ґрунті. Метод атомно-абсорбційної спектроскопії з атомізацією в графітовій куветі. Київ : Держспоживстандарт України, 2005.
3. ДСТУ ISO 11464:2001. Якість ґрунту. Попередня підготовка проб для фізико-хімічних аналізів. Київ : Держспоживстандарт України, 2001.
4. ДСТУ 4770.1:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук важких металів у ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з pH 4,8. Частина 1. Загальні вимоги. Київ : Держспоживстандарт України, 2007.
5. ДСТУ 4770.2:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук свинцю в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з pH 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=58850 (дата звернення: 25.11.2025).

6. ДСТУ 4770.3:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук кадмію в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=58852 (дата звернення: 25.11.2025).
7. ДСТУ 4770.5:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук цинку в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58929 (дата звернення: 25.11.2025).
8. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 № 1264-XII. Відомості Верховної Ради України. 1991. № 41. Ст. 546 (в чинній редакції від 2023 р.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12> (дата звернення: 25.11.2025).
9. Закон України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» від 28.02.2019 № 2697-VIII. Відомості Верховної Ради України. 2019. № 16. Ст. 88. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19> (дата звернення: 25.11.2025).
10. Звіт про стан виконання у 2023 році Національного плану дій з охорони навколишнього природного середовища на період до 2025 року. Київ : Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, 2024. URL: <https://mepr.gov.ua/diynalist/povyny-departamentiv/> (дата звернення: 25.11.2025).
11. Маджд С. М., Черняк Л. М., Міхєєв О. М. Використання рослин для індикації стану ґрунтів техногенно-навантажених територій. Вісник Кременчуцького національного університету. 2020. № 1 (120). С. 68–73. DOI: <https://doi.org/10.30929/1995-0519.2020.1.68-73>
12. Перспективні методи оцінки стану навколишнього середовища на техногенно навантажених територіях : тези доп. / Л. М. Черняк та ін. Сталий розвиток – захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування : матеріали VII Міжнар. конгресу, 12–14 жовтня 2022 р. Львів, 2022. С. 62.
13. Фатєєв А. І., Мірошниченко М. М., Пахомов О. Й. Ґрунтознавство : підручник. Харків : Майдан, 2016. 428 с.
14. Cherniak L., Mikhayev O., Madzhd S., Lapan O., Dmytrukha T., Petrusenko V. Determination of the dependence of the plant growth characteristics on the concentration of petrochemicals in the soil. Journal of Ecological Engineering. 2021. Vol. 22, iss. 2. P. 226–233. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/131063>
15. Council Directive 91/676/EEC of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. Official Journal L 375. 31.12.1991. P. 1–8. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1991/676/oj/eng> (дата звернення: 25.11.2025).
16. Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste. Official Journal L 182. 16.07.1999. P. 1–19. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1999/31/oj/eng> (дата звернення: 25.11.2025).
17. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Official Journal L 327. 22.12.2000. P. 1–73. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj/eng> (дата звернення: 25.11.2025).
18. Directive 2004/35/EC of the European Parliament and of the Council of 21 April 2004 on environmental liability with regard to the prevention and remedying of environmental damage. Official Journal L 143. 30.04.2004. P. 56–75. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2004/35/oj/eng> (дата звернення: 25.11.2025).
19. Directive 2006/118/EC of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 on the protection of groundwater against pollution and deterioration. Official Journal L 372. 27.12.2006. P. 19–31. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2006/118/oj/eng> (дата звернення: 25.11.2025).
20. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives. Official Journal L 312. 22.11.2008. P. 3–30. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/98/oj/eng> (дата звернення: 25.11.2025).
21. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control). Official Journal L 334. 17.12.2010. P. 17–119. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/75/oj> (дата звернення: 25.11.2025).
22. EEA Report No 08/2022. Soil monitoring in Europe – Indicators and thresholds for soil health assessments. Copenhagen : European Environment Agency, 2023. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/soil-monitoring-in-europe> (дата звернення: 25.11.2025).
23. EU Soil Strategy for 2030. Reaping the benefits of healthy soils for nature, people, food and climate : communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM(2021) 699 final. Brussels, 17.11.2021. URL: https://environment.ec.europa.eu/topics/soil-health/soil-strategy-2030_en (дата звернення: 25.11.2025).
24. ISO 11047:1998. Soil quality. Determination of cadmium, chromium, cobalt, copper, lead, manganese, nickel and zinc. Flame and electrothermal atomic absorption spectrometric methods. Geneva : International Organization for Standardization, 1998.
25. ISO 11464:2006. Soil quality. Pretreatment of samples for physico-chemical analyses. Geneva : International Organization for Standardization, 2006. URL: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/37718/fb0dabb3c1374ae4afad5966da0a0125/ISO-11464-2006.pdf> (дата звернення: 25.11.2025).
26. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on Soil Monitoring and Resilience (Soil Monitoring Law). COM(2023) 416 final. Brussels, 05.07.2023. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52023PC0416> (дата звернення: 25.11.2025).
27. UNEP. The Environmental Impact of the Conflict in Ukraine: A Preliminary Review. Nairobi : United Nations Environment Programme, 2022 (updated 2023). URL: <https://www.unep.org/resources/report/environmental-impact-conflict-ukraine-preliminary-review> (дата звернення: 25.11.2025).

Дата першого надходження рукопису до видання: 27.11.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 15.12.2025

Дата публікації: 31.12.2025