ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

УДК 504.054:614.876
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2026.eco.5-68.39

СТАН АГРОЛАНДШАФТІВ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО ЧАСУ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ВІДНОВЛЕННЯ У ПІСЛЯВОЄННИЙ ПЕРІОД

Забарний О.С.[1], (orcid.org/0009-0007-3337-9386)
Броннікова Л.Ф.[2] (orcid.org/0000-0002-1790-161X)
[1]Інститут агроекології і природокористування Національної академії аграрних наук України
вул. Метрологічна, 12, 03143, м. Київ
[2]Вінницький національний аграрний університет,
вул. Сонячна, 3, 21008, м. Вінниця
oleksii_zabarnyi@ukr.net, linabronnikova@gmail.com

Повномасштабна збройна агресія РФ проти України спричинила масштабну трансформацію агроландшафтів, які є одним із базових компонентів продовольчої, екологічної та економічної безпеки держави. Вплив воєнних дій на сільськогосподарські території має комплексний характер і охоплює механічне руйнування ґрунтового покриву, ущільнення та перемішування ґрунтових горизонтів, утворення вирв, забруднення важкими металами, нафтопродуктами та залишками вибухових речовин, мінування земель, деградацію рослинного покриву, знищення полезахисних лісових насаджень, порушення гідрологічного режиму та скорочення площ сільськогосподарського використання. Додатковим чинником є синергія воєнного навантаження з посухами, тепловими хвилями, ерозійними процесами та іншими проявами кліматичних змін.

Проаналізовано праці українських і зарубіжних вчених, що опубліковані переважно у 2022–2026 рр., у яких досліджено ґрунтові, ландшафтні, водні, біологічні та продукційні наслідки війни. Показано, що відновлення агроландшафтів не може зводитися до розмінування та механічного повернення земель у сільськогосподарський обіг. Необхідним є поетапний процес, що включає екологічне обстеження, оцінювання ризиків, розмінування, локалізацію забруднення, відновлення ґрунтових властивостей, реконструкцію водогосподарської та протиерозійної інфраструктури, відновлення лісомеліоративних елементів і біорізноманіття та довгостроковий моніторинг.

Обґрунтовано доцільність переходу від концепції «відновлення довоєнного стану» до концепції екологічної реконструкції агроландшафтів, яка передбачає формування більш стійких, диверсифікованих і адаптивних агроекосистем. Особливе значення мають ґрунтозахисне землеробство, агроекологічна диверсифікація, відновлення лісосмуг, раціональне зрошення, збільшення вмісту органічного вуглецю, біоремедіація, цифрове картографування та використання супутникового моніторингу. *Ключові слова:* агроландшафт, ґрунт, деградація, забруднення, рекультивація, агроекологія, дистанційне зондування.

The state of agricultural landscapes under martial law and prospects for their restoration in the post-war period. Zabarnyi O., Bronnikova L.

The Russian Federation's full-scale armed aggression against Ukraine has led to a far-reaching transformation of agricultural landscapes, which are one of the fundamental components of the state's food, environmental and economic security. The impact of military operations on agricultural areas is multifaceted and encompasses the physical destruction of the soil cover, the compaction and mixing of soil horizons, the formation of craters, contamination with heavy metals, petroleum products and explosive residues, the mining of land, degradation of vegetation cover, the destruction of field-protecting forest stands, disruption of the hydrological regime and a reduction in areas under agricultural use. An additional factor is the synergy between the impact of military operations and droughts, heatwaves, erosion processes and other manifestations of climate change.

This study analyses works by Ukrainian and international researchers, published predominantly between 2022 and 2026, which investigate the soil, landscape, water, biological and productivity impacts of war. It is demonstrated that the restoration of agricultural landscapes cannot be reduced to demining and the mechanical return of land to agricultural use. A phased process is required, comprising environmental surveys, risk assessments, demining, pollution containment, restoration of soil properties, reconstruction of water management and anti-erosion infrastructure, restoration of forest-reclamation elements and biodiversity, and long-term monitoring.

The case has been made for moving away from the concept of 'restoring pre-war conditions' towards that of the ecological reconstruction of agricultural landscapes, which involves the creation of more sustainable, diversified and adaptive agroecosystems. Of particular importance are soil-conserving farming practices, agroecological diversification, the restoration of shelterbelts, rational irrigation, increasing organic carbon content, bioremediation, digital mapping and the use of satellite monitoring. *Key words:* agricultural landscape, soil, degradation, pollution, reclamation, agroecology, remote sensing.

© Забарний О.С., Броннікова Л.Ф., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Постановка проблеми. Агроландшафти України належать до стратегічно важливих природно-господарських систем. Особливе значення вони мають для України через високу частку сільськогосподарських земель та значне поширення чорноземів. Водночас висока інтенсивність землеробства, значна розораність території, дегуміфікація, ерозія, порушення структури ґрунту та спрощення ландшафтної мозаїчності формували передумови до зниження екологічної стійкості агроекосистем ще до 2022 р.

Повномасштабна війна стала додатковим потужним фактором дестабілізації. На відміну від традиційних видів антропогенного навантаження, військовий вплив характеризується високою інтенсивністю, просторовою фрагментарністю та виникненням одночасно кількох типів порушень. Ґрунтовий покрив зазнає механічного руйнування внаслідок вибухів, руху важкої техніки та будівництва фортифікацій, хімічного забруднення продуктами вибухів і горіння, а також біологічної деградації через втрату рослинного покриву та порушення ґрунтової біоти.

Актуальність дослідження. Сучасні дослідження вчених підтверджують, що воєнні дії призводять до комплексних змін властивостей ґрунтів. Досліджуючи територію України за допомогою польових спостережень і дистанційного зондування, виявлено збільшення частки дрібнодисперсного матеріалу та металів у місцях бомбардувань, а також істотні зміни рослинного покриву [1].

Важливе значення має й те, що наслідки війни не обмежуються безпосередньо зоною бойових дій. Порушення функціонування українського аграрного сектору впливає на міжнародні продовольчі ринки, структуру землекористування в інших країнах та глобальне біорізноманіття. Скорочення українського експорту внаслідок війни потенційно стимулює додаткове розширення площ ріллі в інших регіонах світу, що супроводжується ризиком втрати біорізноманіття [2].

Агроландшафт доцільно розглядати як складну природно-господарську систему, у межах якої сільськогосподарські угіддя взаємодіють із ґрунтами, водними ресурсами, природними біотопами, лісовою рослинністю, кліматичними факторами та системою господарського управління. У звичайних умовах стан агроландшафту оцінюють через показники родючості ґрунту, продуктивності культур, ерозійної небезпеки, водного режиму, біорізноманіття та структури землекористування. Проте військовий вплив потребує розширення цього підходу.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Авторський доробок спрямований на вирішення комплексу актуальних наукових і прикладних завдань, пов'язаних із оцінюванням сучасного екологічного стану агроландшафтів України в умовах воєнного впливу та визначенням перспектив їх екологічно безпечного відновлення у післявоєнний період.

В умовах масштабної трансформації земельних ресурсів унаслідок бойових дій, механічного порушення ґрунтового покриву, забруднення, деградації ґрунтів, пошкодження захисних насаджень і зміни структури землекористування особливого значення набуває формування науково обґрунтованих підходів до комплексної оцінки стійкості агроландшафтів. Це передбачає врахування сукупності ґрунтових, ландшафтно-екологічних, біологічних і просторових показників, здатних характеризувати рівень порушення природних функцій агроекосистем, їхню здатність до самовідновлення та потенціал повернення до екологічно безпечного й продуктивного стану.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасній літературі дедалі частіше використовується концепція «резильєнтності», яка характеризує не лише стан системи, а її здатність протистояти зовнішнім стресам, адаптуватися та відновлювати функціонування. Відомо, що поняття стійкості в аграрних системах охоплює кілька взаємодоповнювальних підходів – від стабільності та зниження вразливості до адаптивних можливостей і трансформації [3].

У контексті України це означає необхідність розмежування поточного екологічного стану, рівня деградації, вразливості, здатності до відновлення, адаптивності агроландшафту. Саме останні дві характеристики матимуть особливе значення у післявоєнний період.

Найбільш очевидним проявом військового впливу є механічна деградація ґрунтів. Вибухи боєприпасів формують вирви, переміщують значні об'єми ґрунтової маси, порушують генетичну структуру профілю та перемішують горизонти. Рух танків, бронетехніки та іншого важкого обладнання спричиняє ущільнення, зменшення пористості та погіршення водопроникності.

Комплексне дослідження вчених показало, що внаслідок бойових дій ґрунти зазнають одночасно фізичного, механічного та хімічного пошкодження. Особливо важливим є формування вторинних геоморфологічних процесів у вирвах [4].

Проведені дослідження ґрунтів Харківської області також засвідчили, що вирви після вибухів можуть ставати осередками вторинної трансформації рельєфу та накопичення важких металів [5].

Механічне пошкодження має довгострокове значення, оскільки воно впливає на водопроникність, аерацію, кореневмісний шар, агрегатну структуру, капілярність, ерозійну стійкість та здатність ґрунту накопичувати органічну речовину. Тому післявоєнна рекультивація не може обмежуватися вирівнюванням поверхні. Необхідно забезпечити відновлення функціональної структури ґрунтового профілю.

Одним із найбільш довготривалих наслідків війни є хімічне забруднення ґрунтів. Джерелами забруднення можуть бути уламки боєприпасів, продукти

вибуху, важкі метали, паливно-мастильні матеріали, продукти горіння військової техніки, промислові хімічні речовини, залишки вибухових речовин.

При проведенні дослідження ґрунтів пов'язаних із падінням авіабомб, артилерійськими ударами та згорілою військовою технікою було виявлено високий рівень забруднення територій важкими металами [6].

Група науковців, досліджуючи вміст хімічних елементів у ґрунтах на території, постраждалих від військових дій (Сумська, Харківська та Чернігівська обл.), продемонстрували необхідність оцінювання забруднення не лише за абсолютними концентраціями, а й з урахуванням екологічних ризиків [7, 8]. При цьому варто зважати на те, що токсичні елементи можуть переходити у доступні для рослин форми, мігрувати у ґрунтові води та потрапляти до харчових ланцюгів тварин та людей.

При дослідженні стану природоохоронних територій України, а саме а саме: Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника, Деснянсько-Старогутського національного природного парку, Голосіївського національного природного парку та Гетьманського національного природного парку, вченими встановлено руйнування ґрунтових горизонтів та забруднення ґрунтів унаслідок бойових дій, мінування та вибухів [9].

Детальне вивчення наслідків війни для флори і фауни України демонструє масштабний вплив мін, обстрілів, пожеж та забруднення на природні екосистеми. Виявлена необхідність залучення міжнародних організацій до вирішення екологічних проблем і притягнення винних до відповідальності [10].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Незважаючи на значну кількість сучасних досліджень, присвячених оцінюванню наслідків воєнних дій в Україні, питання комплексної оцінки трансформації та екологічної стійкості агроландшафтів залишається недостатньо опрацьованим. Більшість наявних наукових праць зосереджена на окремих компонентах воєнного впливу – фізичному порушенні ґрунтового покриву, забрудненні важкими металами та іншими токсикантами, утворенні вирв, пожежах, зміні землекористування або скороченні площ сільськогосподарського виробництва. Водночас комплексний характер трансформації агроландшафтів, за якого одночасно змінюються ґрунтові, біологічні, водні, ландшафтні та просторові компоненти, потребує системного наукового оцінювання. Вирішення цього завдання є необхідною передумовою для наукового обґрунтування диференційованої системи відновлення агроландшафтів України на засадах екологічної безпеки, сталого землекористування та збереження їхніх продуктивних і природоохоронних функцій.

Новизна. Систематизовано сучасні наукові підходи до комплексного оцінювання стану та екологічної стійкості агроландшафтів України, трансформованих унаслідок воєнних дій, з урахуванням фізичних, хімічних, біологічних і просторово-ландшафтних порушень. Удосконалено підхід до диференціації агроландшафтів за ступенем воєнного навантаження, рівнем екологічного ризику та потенціалом відновлення. Набули подальшого розвитку положення щодо інтеграції ґрунтового моніторингу, дистанційного зондування Землі та геоінформаційних технологій для оцінювання динаміки деградаційних процесів і контролю ефективності післявоєнного відновлення земель. Обґрунтовано необхідність переходу до диференційованої моделі екологічної реконструкції агроландшафтів, орієнтованої не лише на відновлення їх продуктивності, а й на відновлення екологічних функцій та довгострокової стійкості агроекосистем.

Методологічне або загальнонаукове значення. Методологічне значення роботи полягає у формуванні системного підходу до оцінювання стану та екологічної стійкості агроландшафтів, які зазнали трансформації внаслідок воєнних дій. Запропонований підхід ґрунтується на комплексному врахуванні взаємопов'язаних фізичних, хімічних, біологічних, ландшафтних і просторових змін та передбачає розгляд агроландшафту як цілісної природно-антропогенної системи, здатність якої до функціонування та відновлення визначається сукупністю взаємопов'язаних компонентів.

Загальнонаукове значення дослідження полягає у систематизації сучасних теоретичних і методичних підходів до оцінювання воєнно зумовленої деградації земель, екологічної стійкості та потенціалу відновлення агроландшафтів. Обґрунтовано доцільність використання комплексу взаємодоповнювальних показників, що характеризують стан ґрунтового покриву, рівень забруднення, біологічну активність, стан рослинності, структуру землекористування та просторові зміни територій.

Виклад основного матеріалу. Особливого значення для агроландшафтів мають полезахисні лісосмуги. Вони зменшують швидкість вітру, захищають ґрунт від дефляції, зменшують випаровування, сприяють накопиченню снігу, створюють середовища для корисних організмів, формують екологічні коридори. Однак, встановлено, що війна спричинила пошкодження близько 18 % досліджених захисних насаджень у східному агролісомеліоративному регіоні України. Автори водночас наголошують на можливості та необхідності відновлення таких насаджень [11].

Одним із найбільш масштабних наслідків війни стала трансформація водогосподарської інфраструктури. Руйнування Каховської ГЕС та пов'язані з ним зміни водного режиму особливо сильно вплинули на агроландшафти півдня України.

Дослідники встановили, що до війни лише близько 1,6 % сільськогосподарських земель

України були зрошуваними, однак значна частина цих територій зазнала суттєвого скорочення продуктивності після початку вторгнення. Автори прогнозують посилення водного дефіциту в умовах кліматичних змін і обґрунтовують необхідність модернізації зрошення як компонента післявоєнної адаптації [12].

При огляді сталого управління ґрунтовими та водними ресурсами в Україні було наголошено на необхідності поєднання дистанційного моніторингу, польових обстежень і відновлення зрошувальних систем. Водночас критично важливими є методи та практики сталого управління водними ресурсами, ґрунтами та їхньою родючістю. Застосування таких підходів сприяє збереженню родючості ґрунтів, забезпечує надання необхідних екосистемних послуг та зміцнює загальну стійкість екосистем [13].

Війна призвела до значного скорочення площ фактично використовуваних сільськогосподарських земель. На основі супутникових даних та статистичних моделей встановлено, що приблизно 18,11 % посівних площ у досліджених східних областях залишалися незасіяними після початку війни. Втрати виробництва пшениці, соняшнику та ріпаку у 2022 р. порівняно з довоєнним періодом були оцінені приблизно у 36–37 % [14].

Однак поняття «незасіяні землі» не можна автоматично ототожнювати із «занедбаними землями». Науковці показали, що повне занедбання та тимчасове невикористання мають різні причини. У 2023 р. поля на територіях, які раніше отримували воду з Каховського водосховища, були приблизно утричі частіше незасіяними, ніж на інших територіях [15].

Нове дослідження 2025 р. дозволило розмежувати оброблювані, перелогові та занедбані землі. Автори встановили, що до 2024 р. близько 7 % українських орних земель були занедбаними, причому значна частина потенційно може бути втрачена для сільськогосподарського використання без спеціальних заходів відновлення [16].

В умовах війни традиційні польові методи мають суттєві обмеження через мінну небезпеку, окупацію та недоступність окремих територій. Тому особливого значення набувають системи супутникового спостереження.

Вченими запропоновано методику автоматичного виявлення пошкоджених сільськогосподарських полів на основі супутника Sentinel-2, спектральних каналів і вегетаційних індексів. У 2022 р. за допомогою запропонованої методики було ідентифіковано близько 500 тис. га пошкоджених сільськогосподарських угідь у десяти областях [17].

У 2025 р. було створено високодетальні карти землекористування України за 2016–2024 рр. із просторовим розрізненням 10 м. За їхніми результатами, площа ріллі скоротилася приблизно на 10 % у масштабах України, а в окупованих територіях зміни були ще значнішими [18].

Продуктивність є важливим, але не єдиним критерієм стану агроландшафту. Науковці встановили, що війна негативно вплинула на площі та врожайність озимих культур, причому дрібні господарства виявилися більш уразливими через нижчу здатність диверсифікувати ризики [19].

Сільськогосподарські втрати мають не лише локальний характер. Україна є одним із важливих постачальників зерна та олійних культур на світовий ринок, тому порушення українського виробництва впливає на глобальну продовольчу систему. Встановлено, що повна втрата обсягів сільськогосподарського виробництва в Україні має неоднорідний вплив на інші країни: прямі наслідки призводять до відносних втрат до 89 % соняшникової олії та 85 % кукурудзи, тоді як непрямі наслідки спричиняють втрати до 25 % м'яса птиці [20].

Ґрунт є центральним компонентом агроландшафту. Військові дії можуть впливати на вміст гумусу, органічний вуглець, pH, щільність, структурність, водопроникність, ємність катіонного обміну, вміст поживних елементів табіологічну активність грунту.

Сучасна концепція «soil health» передбачає комплексне оцінювання фізичних, хімічних і біологічних властивостей. У міжнародному дослідженні мінімального набору індикаторів для оцінювання здоров'я ґрунту запропоновано особливо важливі показники: органічний вуглець, мінералізацію вуглецю та агрегатну стабільність. Виявлено зв'язок показників «soil health» із продуктивністю культур у довготривалих польових дослідах [21, 22].

Для України це означає, що післявоєнна оцінка повинна визначати не лише ступінь забруднення, а й функціональну здатність ґрунту підтримувати рослинний покрив і врожайність.

Відновлення агроландшафтів необхідно розглядати як багатоступеневий процес. Аналізуючи міжнародний досвід післявоєнного відновлення, виникає необхідність врахування забруднення, ерозії, мінування, пошкодження ґрунтів і досвіду постконфліктних територій інших країн [23].

Систематизуючи сучасні дослідження, можна запропонувати таку послідовність етапів: Перший етап – первинне обстеження. Включає дистанційну оцінку, визначення меж пошкодження, аналіз історії землекористування та визначення потенційних джерел забруднення. Другий етап – розмінування. Передбачає безпечне очищення території є базовою передумовою будь-яких наступних заходів. Третій етап – екологічна діагностика, при якій визначаються фізичні властивості, хімічне забруднення, токсикологічні ризики, стан рослинності, водний режим. Четвертий етап – класифікація земель. Землі доцільно поділяти на придатні до негайного використання, придатні після локального відновлення, придатні після комплексної ремедіації, непридатні для сільського господарства у короткостроковій пер-

спективі, території, які доцільно перевести до природного відновлення.

Дослідження українських науковців вже формують практичну основу для відновлення постраждалих ґрунтів. Науковці вивчають меліоративні чинники відновлення ґрунтів після вибухового пошкодження та обґрунтовують використання поєднання органічних і мінеральних компонентів, біопрепаратів та інших агроекологічних заходів [24].

Вчені наголошують, що сучасне відновлення ґрунтів має бути спрямоване не лише на повернення окремих властивостей, а на відновлення мультифункціональності ґрунту – здатності одночасно забезпечувати продукційні, регулюючі та екосистемні функції [25].

Одним із головних довгострокових напрямів має бути збільшення запасів органічного вуглецю. Адже органічний вуглець покращує структуру ґрунту, збільшує водоутримувальну здатність, стимулює ґрунтову біоту, підвищує катіонний обмін, сприяє формуванню агрегатів, підвищує стійкість до посухи.

Одним із принципових напрямів післявоєнної трансформації повинна стати диверсифікація агроландшафтів. Надмірна концентрація на декількох культурах збільшує вразливість до кліматичних, економічних та біологічних ризиків.

До війни значна частина агроландшафтів України характеризувалася високою розораністю. Післявоєнний період створює можливість переглянути структуру землекористування. Частину деградованих або економічно малопридатних земель доцільно спрямувати на залуження, лісовідновлення, створення природних коридорів, відновлення водно-болотних угідь та формування буферних зон. Такий підхід дозволяє одночасно зменшити ерозію, підвищити біорізноманіття, накопичувати вуглець, регулювати водний режим та підвищити стійкість агроландшафту.

Для південних регіонів відновлення агроландшафтів без реконструкції систем зрошення буде неповним. Прогнозується, що кліматичні зміни до середини 21 століття можуть істотно посилити водний дефіцит, а розширення зрошення за умови раціонального використання поверхневих і підземних вод може стати важливим адаптаційним інструментом [12].

Післявоєнне відновлення агроландшафтів потребуватиме значних фінансових ресурсів. Вчені оцінили вартість відновлення лише пошкоджених сільськогосподарських земель Харківської області приблизно у 2 млрд доларів США. За екстраполяції на всю територію України автори отримали порядок величини близько 20 млрд доларів США. Автори підкреслюють, що припущення про автоматичне повернення сільськогосподарського виробництва до довоєнного рівня після завершення бойових дій є необґрунтованим [26].

Команда китайських науковців запропонували методику виявлення занедбаних сільськогосподарських земель України на основі багаторічних супутникових даних, що дозволяє відстежувати просторову динаміку занедбаності після початку війни [27]. Інша команда продемонструвала можливості MODIS (супутниковий сенсор, призначений для вимірювань параметрів Землі та клімату) для картографування занедбаних земель у зоні проведення бойових зіткнень [28].

Аналіз сучасної літератури дозволяє зробити принциповий висновок: стан агроландшафту не може характеризуватися одним показником. Наприклад, низька урожайність може бути наслідком війни, посухи, відсутності добрив або руйнування логістики. Висока урожайність, навпаки, не гарантує високої екологічної якості, якщо вона досягається ціною деградації ґрунту.

Головні висновки. Повномасштабна війна спричинила комплексну трансформацію агроландшафтів України, яка включає механічну деградацію ґрунтів, хімічне забруднення, мінування, порушення водного режиму, знищення рослинності, деградацію лісосмуг і скорочення площ сільськогосподарського використання.

Найбільш небезпечними для довгострокового функціонування агроландшафтів є поєднані фізичні та хімічні порушення ґрунту, оскільки вони здатні зберігатися після припинення бойових дій.

Значна частина пошкоджень має просторово неоднорідний характер, тому дистанційне зондування та ГІС є необхідними інструментами післявоєнного моніторингу.

Відновлення земель повинно здійснюватися диференційовано залежно від типу пошкодження, рівня забруднення, ступеня механічної деградації, мінної небезпеки та майбутнього функціонального призначення.

Особливе значення мають збільшення запасів органічного вуглецю, покривні культури, диверсифіковані сівозміни, органічні добрива, ґрунтозахисні технології та агролісомеліорація.

Для південних областей стратегічним напрямом має стати відновлення та модернізація системи зрошення з урахуванням майбутніх кліматичних змін.

Післявоєнне відновлення не повинно бути спрямоване лише на повернення агроландшафтів до довоєнного стану. Необхідно формувати нову, більш стійку та адаптивну структуру агроландшафтів.

Концептуально післявоєнне відновлення доцільно визначати як екологічну реконструкцію агроландшафтів, метою якої є не тільки відновлення продуктивності, а й підвищення стійкості, біорізноманіття, ґрунтового здоров'я, водорегулюючої здатності та адаптивності до кліматичних змін.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення системи моніторингу та

оцінювання стану трансформованих війною агроландшафтів України, їх просторової диференціації за рівнем порушення, екологічного ризику та потенціалом відновлення. Запропоновані підходи можуть бути інтегровані до геоінформаційних систем і технологій дистанційного зондування Землі для оперативного виявлення змін ґрунтового та рослинного покриву, землекористування й контролю динаміки відновлення територій. У післявоєнний період результати можуть бути використані для обґрунтування диференційованих заходів рекультивації, ремедіації, фіторемедіації та фітомеліорації земель, визначення пріоритетних територій для відновлення та оцінювання ефективності проведених заходів.

Література

1. Solokha M., Pereira P., Symochko L. et al. Russian-Ukrainian war impacts on the environment: Evidence from the field on soil properties and remote sensing. *Science of the Total Environment.* 2023. Vol. 902. Article 166122. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.166122.
2. Chai L., Liu A., Li X. et al. Telecoupled impacts of the Russia–Ukraine war on global cropland expansion and biodiversity. *Nature Sustainability*. 2024. Vol. 7. P. 432–441. DOI: 10.1038/s41893-024-01292-z.
3. Van der Lee J., Kangogo D., Gülzari Ş. Ö. et al. Theoretical positions and approaches to resilience assessment in farming systems: A review. *Agronomy for Sustainable* Development. 2022. Vol. 42. Article 27. DOI: 10.1007/s13593-022-00755-x.
4. Mazur S., Demyanyuk O., Symochko L. et al. Soil degradation and contamination due to armed conflict in Ukraine. *Land.* 2024. Vol. 13, No. 10. Article 1614. DOI: 10.3390/land13101614.
5. Bonchkovskyi O., Ostapenko P., Bonchkovskyi A., Shvaiko V. War-induced soil disturbances in north-eastern Ukraine (Kharkiv region): Physical disturbances, soil contamination and land use change. *Science of the Total Environment*. 2025. Vol. 964. Article 178594. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2025.178594.
6. Krainiuk O. V., Buts Y. V., Ponomarenko R. V. et al. Environmental consequences of military operations in Ukraine on the example of soil research in the Kharkiv region. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2025. Vol. 34, No. 2. DOI: 10.15421/112526.
7. Datsko O., Melnyk O., Kovalenko I. et al. Estimation of the content of trace metals in Ukrainian military-affected soils. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2025. Vol. 53, No. 1. Article 14328. DOI: 10.15835/nbha53114328.
8. Datsko O., Zakharchenko E., Butenko Y. et al. Ecological assessment of heavy metal content in Ukrainian soils. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. Vol. 25, No. 11. P. 100–108. DOI: 10.12911/22998993/192669.
9. Filho W. L., Fedoruk M., Eustachio J. H. P. P. et al. The environment as the first victim: The impacts of the war on the preservation areas in Ukraine. *Journal of Environmental Management*. 2024. Vol. 364. Article 121399. DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.121399.
10. Mammadov S., Luhovyi S., Starodubets O. et al. Collateral ecocide: The impact of war on Ukrainian flora and fauna. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. Vol. 81, No. 1. P. 446–454. DOI: 10.1080/00207233.2024.2314851.
11. Matsala M., Odruzhenko A., Sydorenko S., Sydorenko S. War threatens 18 % of protective plantations in eastern agroforestry region of Ukraine. *Forest Ecology and Management.* 2025. Vol. 578. Article 122361. DOI: 10.1016/j.foreco.2024.122361.
12. Rosa L., Ragettli S., Sinha R. et al. Regional irrigation expansion can support climate-resilient crop production in post-invasion Ukraine. *Nature Food*. 2024. Vol. 5. P. 684–692. DOI: 10.1038/s43016-024-01017-7.
13. Vorotyntseva L., Panarin R., Kucher A. et al. Sustainable management of agricultural soil and water resources: current trends and challenges from global and Ukrainian perspectives. *Environmental Sciences Europe*. 2025. Vol. 37. Article 165. DOI: 10.1186/s12302-025-01220-8.
14. Chen B., Tu Y., An J. et al. Quantification of losses in agriculture production in eastern Ukraine due to the Russia-Ukraine war. *Communications Earth & Environment*. 2024. Vol. 5. Article 336. DOI: 10.1038/s43247-024-01488-3.
15. Hartman S., Whiteside R., Smaliychuk A., Dronova I. Land abandonment as an indicator of Ukrainian agricultural resilience during Russia's war against Ukraine. *Applied Geography*. 2025. Vol. 183. Article 103744. DOI: 10.1016/j.apgeog.2025.103744.
16. Wagner J., Nair S. S., Skakun S. et al. Monitoring cropland cultivation, abandonment, fallowing and recultivation dynamics with regard to conflict intensity in war-affected Ukraine. *Science of Remote Sensing*. 2025. Vol. 12. Article 100326. DOI: 10.1016/j.srs.2025.100326.
17. Kussul N., Drozd S., Yailymova H. et al. Assessing damage to agricultural fields from military actions in Ukraine. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation.* 2023. Vol. 125. Article 103562. DOI: 10.1016/j.jag.2023.103562.
18. Kussul N., Shelestov A., Yailymov B. et al. Assessment of war-induced agricultural land use changes in Ukraine using machine learning applied to Sentinel satellite data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation.* 2025. Vol. 140. Article 104551. DOI: 10.1016/j.jag.2025.104551.
19. Deininger K., Ali D. A., Kussul N. et al. Quantifying war-induced crop losses in Ukraine in near real time to strengthen local and global food security. *Food Policy*. 2023. Vol. 115. Article 102418. DOI: 10.1016/j.foodpol.2023.102418.
20. Laber M., Klimek P., Bruckner M. et al. Shock propagation from the Russia–Ukraine conflict on international multilayer food production network determines global food availability. *Nature Food*. 2023. Vol. 4. P. 508–517. DOI: 10.1038/s43016-023-00771-4.
21. Bagnall D. K., Rieke E. L., Cristine L. S. et al. A minimum suite of soil health indicators for North American agriculture. *Soil Security*. 2023. Vol. 10. Article 100084. DOI: 10.1016/j.soisec.2023.100084.
22. Willoughby C. M., Topp C. F. E., Hallett P. D. et al. Soil health metrics reflect yields in long-term cropping system experiments. *Agronomy for Sustainable Development*. 2023. Vol. 43. Article 65. DOI: 10.1007/s13593-023-00919-3.
23. Didenko N. O. Soil damage and recovery in Ukraine: Lessons from global post-war experiences. *Land Reclamation and Water Management.* 2024. No. 2. P. 79–86. DOI: 10.31073/mivg202402-391.
24. Корсун С. Г., Болоховська В. А., Болоховський В. В. Агроекологічне обґрунтування меліоративних чинників для відновлення ґрунтів, порушених воєнними діями. *Агроекологічний журнал.* 2024. №2. С. 100–112. DOI: 10.33730/2077-4893.2.2024.305663.

25. Neuenkamp L., García de León D., Hamer U. et al. Comprehensive tools for ecological restoration of soils foster sustainable use and resilience of agricultural land. *Communications Biology*. 2024. Vol. 7. Article 1577. DOI: 10.1038/s42003-024-07275-2.
26. Ostapenko P., Bonchkovskyi O., Semenikhin V. et al. From battlefields to blooming fields: The economic costs of restoring Ukraine's war-damaged agricultural soil. *Journal of Economic Issues*. 2025. Vol. 59, No. 4. P. 1129–1134. DOI: 10.1080/00213624.2025.2575153.
27. Zhang S., Zhang Y., Zhang X. et al. Revealing the distribution and change of abandoned cropland in Ukraine based on dual period change detection method. *Scientific Reports*. 2025. Vol. 15. Article 5765. DOI: 10.1038/s41598-025-89556-2.
28. Xu N., Zhuang H., Chen Y. et al. Mapping multi-crop cropland abandonment in conflict-affected Ukraine based on MODIS time series analysis. *Land.* 2025. Vol. 14, No. 8. Article 1548. DOI: 10.3390/land14081548.

Дата першого надходження статті до видання: 31.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 18.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 09.11.2026