

УДК 504.05:556

DOI [https://doi.org/10.15589/znp2025.1\(499\).28](https://doi.org/10.15589/znp2025.1(499).28)ECOLOGICAL ASSESSMENT OF MILITARY ACTIONS IMPACT
ON THE KYIV REGION HYDRONETWORK AND STRATEGIES
FOR AQUATIC ECOSYSTEM RESTORATIONЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА ГІДРОМЕРЕЖУ
КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ТА СТРАТЕГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

Hanna V. Kireitseva

gef_kgv@ztu.edu.ua

ORCID: 0000-0002-1055-1784

Illia Yu. Tsyhanenko-Dziubenko

ke_miyu@ztu.edu.ua

ORCID: 0000-0002-3240-8719

Г. В. Кірейцева,

канд. екон. наук, доцент, докторант

І. Ю. Циганенко-Дзюбенко,

Ph.D.

*Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr**Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир*

Abstract. The article examines the complex ecological impact of military actions on the aquatic ecosystems of the Kyiv region during the Russian-Ukrainian war. Based on comprehensive analysis of scientific literature and satellite imagery, the research identifies patterns of destructive influence on regional hydronetworks. A bibliometric analysis of research trends revealed four main clusters of scientific focus: physico-chemical aspects of water pollution, environmental monitoring methodologies, biological responses to military stressors, and specific chemical contaminants. The spatial analysis of satellite data enabled mapping various types of damage to water ecosystems in the Kyiv region, including destruction of hydraulic structures, pollution of watercourses from intensive fighting and fires, damage to water supply infrastructure, and mass mortality of aquatic organisms. The northern areas of the region experienced the most severe impacts due to the highest intensity of combat operations. The research identifies systemic patterns of ecosystem degradation, including chemical pollution from military equipment and ammunition, physical destruction of habitats, alteration of hydrological regimes due to damaged infrastructure, and disruption of ecological connectivity. The article proposes a classification of destructive impacts (chemical, physical, mechanical, biological) and corresponding strategies for ecological rehabilitation, considering the specifics of damage type, effectiveness of remediation methods, and implementation timeframes. This systematic approach provides a methodological foundation for developing regional programs of post-war ecological restoration of damaged hydroecosystems in the Kyiv region.

Purpose. To conduct a comprehensive ecological assessment of the impact of military actions on the state and functioning of the Kyiv region hydronetwork and develop a classification of destructive impacts to form a methodological basis for the restoration of damaged aquatic ecosystems.

Method. The research employed spatial analysis of satellite data, bibliometric analysis of scientific publications, cartographic modeling of military impacts, and systematic analysis of destructive influences on regional water ecosystems of the Kyiv region.

Results. A detailed mapping of war consequences in the Kyiv region revealed significant disruptions to the hydronetwork, including the destruction of hydraulic structures, pollution of watercourses, damage to water supply infrastructure, and mass mortality of aquatic organisms, with northern areas experiencing the most severe impacts due to intensive combat operations.

Scientific novelty. For the first time, a comprehensive ecological assessment of military impacts on the Kyiv region hydronetwork has been conducted, resulting in a systematic classification of destructive influences on aquatic ecosystems and corresponding rehabilitation strategies.

Practical importance. The proposed classification of destructive impacts and rehabilitation strategies provides a methodological foundation for developing regional programs for ecological restoration of war-damaged hydroecosystems in the Kyiv region and can guide environmental authorities in post-war recovery planning.

Key words: environmental safety; risk; military impacts; aquatic resources; integrated management; sustainable development; monitoring; environmental damage; Kyiv region; water infrastructure; ecological rehabilitation.

Анотація. У статті досліджується комплексний екологічний вплив військових дій на водні екосистеми Київської області в період російсько-української війни. На основі всебічного аналізу наукової літератури та супутникових знімків ідентифіковано закономірності деструктивного впливу на регіональну гідромережу. Бібліометричний аналіз наукових тенденцій виявив чотири основні кластери дослідницького фокусу: фізико-хімічні аспекти забруднення води, методології екологічного моніторингу, біологічні відповіді на військові стресори та специфічні хімічні забруднювачі. Просторовий аналіз супутникових даних дозволив картографувати різні типи пошкоджень водних екосистем Київської області, включаючи руйнування гідротехнічних споруд, забруднення водотоків внаслідок інтенсивних боїв та пожеж, пошкодження інфраструктури водопостачання та масову загибель гідробіонтів. Північні райони області зазнали найбільш серйозних впливів через найвищу інтенсивність бойових дій. Дослідження виявляє системні закономірності деградації екосистем, включаючи хімічне забруднення від військової техніки та боєприпасів, фізичну деструкцію біотопів, зміну гідрологічних режимів через пошкоджену інфраструктуру та порушення екологічної зв'язності. У статті запропоновано класифікацію деструктивних впливів (хімічних, фізичних, механічних, біологічних) та відповідних стратегій екологічної реабілітації з урахуванням специфіки типу пошкоджень, ефективності методів відновлення та часових рамок реалізації. Цей системний підхід забезпечує методологічну основу для розробки регіональних програм післявоєнного екологічного відновлення пошкоджених гідроекосистем Київської області.

Мета. Здійснити комплексну екологічну оцінку впливу військових дій на стан і функціонування гідромережі Київської області та розробити класифікацію деструктивних впливів для формування методологічної основи відновлення пошкоджених водних екосистем.

Методика. У дослідженні застосовано просторовий аналіз супутникових даних, бібліометричний аналіз наукових публікацій, картографічне моделювання військових впливів та системний аналіз деструктивних впливів на регіональні водні екосистеми Київської області.

Результати. Детальне картографування наслідків війни в Київській області виявило значні порушення гідромережі, включаючи руйнування гідротехнічних споруд, забруднення водотоків, пошкодження інфраструктури водопостачання та масову загибель гідробіонтів, причому північні райони зазнали найбільш серйозних впливів через інтенсивні бойові дії.

Наукова новизна. Вперше проведено комплексну екологічну оцінку військових впливів на гідромережу Київської області, що дозволило систематизувати деструктивні впливи на водні екосистеми та відповідні стратегії реабілітації.

Практична значимість. Запропонована класифікація деструктивних впливів та стратегій реабілітації створює методологічну основу для розробки регіональних програм екологічного відновлення пошкоджених війною гідроекосистем Київської області і може слугувати орієнтиром для екологічних органів у плануванні післявоєнного відновлення.

Ключові слова: екологічна безпека; ризик; військові впливи; водні ресурси; інтегроване управління; сталий розвиток; моніторинг; екологічні пошкодження; Київська область; водна інфраструктура; екологічна реабілітація.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

На основі проаналізованих джерел та виявлених у ході дослідження закономірностей впливу військових дій на гідроекосистеми, постає необхідність комплексної екологічної оцінки деструктивних процесів у водних об'єктах Київської області, що постраждали внаслідок російського вторгнення. Задачею дослідження є створення систематизованої класифікації типів пошкоджень регіональної гідромережі за характером впливу (хімічного, фізичного, механічного, біологічного) з просторовою прив'язкою до інтенсивності бойових дій, картографування осередків екологічної деградації водних екосистем, аналіз взаємозв'язків між різними видами деструктивних впливів та розробка методологічних підходів до екологічної реабілітації пошкоджених водних об'єктів з урахуванням локальних гідрологічних умов та специфіки отриманих пошкоджень, що в комплексі забезпечить наукову основу для регіональних програм післявоєнного відновлення водних екосистем.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Вплив військових дій на водні екосистеми є багатограним та має далекосяжні наслідки, як доводять дослідження в різних кутках світу. Майкл Дж. Лоуренс із співавторами детально дослідили, як сучасні військові операції та діяльність негативно впливають на структуру та функціонування екосистем через забруднення, фізичне пошкодження середовищ існування та інші порушення. Їхнє дослідження виявило зниження популяцій та втрату біорізноманіття у водних системах, хоча в деяких випадках, коли створюються зони виключення, певні популяції можуть відновлюватись без антропогенного втручання [1]. Ці висновки доповнюються роботою Квіста М. та колег, які на прикладі військової бази у Канзасі продемонстрували, як інтенсивні військові навчання призводять до ерозії ґрунтів, зменшення рослинного покриття та, як наслідок, негативно впливають на водні

екосистеми через збільшення седиментації у водоймах. Вони виявили значне зниження чисельності вибагливих до умов середовища бентосних організмів та домінування толерантних видів у водоймах, розташованих у районах інтенсивних військових тренувань [2].

Хімічне забруднення внаслідок військових дій також становить серйозну загрозу для водних екосистем. Віорел Георге з колегами провели детальне лабораторне дослідження, в якому продемонстрували, як о-хлорбензиліденмалонітрил, компонент сльозогінного газу CS, що використовується під час військових операцій, суттєво знижує виробництво кисню водоростями та зменшує їх життєздатність. При концентрації 150 мкг/мл життєздатність клітин знижувалась до 74%, що свідчить про потенційно серйозні наслідки для первинної продукції у водних екосистемах, забруднених військовими хімікатами [3]. Група експертів під керівництвом Кирпичової Ірини, досліджуючи ризики впливу збройних конфліктів на природні екосистеми України, визначила, що найсуттєвішими змінами є втрати біорізноманіття, руйнування природних об'єктів та забруднення водних ресурсів. Їхня модель оцінки впливу, застосована до Київської області, виявила значні порушення екосистем на площі понад 9000 км², що демонструє масштабність екологічних наслідків військових дій [4].

Сучасні технології дистанційного зондування відіграють все більшу роль у моніторингу наслідків військових конфліктів для водних екосистем. Власова О. В. та співавтори використали знімки Sentinel-2 для відстеження затоплення заплави річки Ірпінь внаслідок руйнування водопропускної споруди та заплави Дніпра після вибуху Каховської ГЕС. За допомогою індексів SAVI та NDWI вони змогли визначити зміни площі водних об'єктів та виявити покриття ґрунту відкладеннями, що є критичною інформацією для екологічної оцінки наслідків війни [11]. Ці методи доповнюються прогресивними технологіями, описаними Ліпінгом Янгом та колегами, які розробили системи моніторингу водних об'єктів на основі штучного інтелекту та комп'ютерного зору. Їхній огляд демонструє, як автоматизовані системи можуть забезпечити безперервний моніторинг якості води та стану водних об'єктів навіть у зонах, небезпечних для проведення польових досліджень [12]. Юн Ду з колегами запропонували методи картографування водних об'єктів із використанням модифікованого нормалізованого індексу різниці води (MNDWI) при роздільній здатності 10 м, що дозволяє точніше виявляти зміни у водних об'єктах, спричинені військовими діями чи руйнуванням гідротехнічних споруд [13].

Для комплексного розуміння впливу військових дій на водні екосистеми важливо також враховувати інші стресори, які можуть діяти синергічно. Галлардо Б. з колегами у масштабному мета-аналізі

показали, як інвазивні види негативно впливають на водні екосистеми, підвищуючи каламутність води та концентрацію азоту [5]. Військові конфлікти можуть створювати умови для поширення інвазивних видів через порушення природних бар'єрів та зниження стійкості екосистем. Талбот К. та співавтори дослідили, як повені, які часто супроводжують військові дії через руйнування дамб та інших гідротехнічних споруд, впливають на послуги водних екосистем. Вони виявили, що екстремальні повені спричиняють втрати майже в усіх екосистемних послугах, тоді як контрольовані малі повені можуть мати позитивний вплив на деякі функції [6]. Кірей Володимир у своєму аналізі підкреслив, що військові планувальники рідко враховують екологічні наслідки під час бойових дій, тому післявоєнна відбудова екологічних інституцій та систем моніторингу є критичною для сталого розвитку регіонів, що постраждали від конфліктів [7].

Надані дослідження підкреслюють багатогранний характер впливу військових дій на водні екосистеми. Для більш наочного розуміння структури та взаємозв'язків між ключовими напрямками досліджень у цій сфері розглянемо бібліометричну мережу, представлену на рисунку 1.

Дана хмара слів відображає комплексну структуру взаємозв'язків між ключовими термінами та концепціями у сфері дослідження впливу військової діяльності на водні екосистеми. На зображенні чітко виділяються чотири основні кластери, які позначені різними кольорами: червоний, зелений, синій та жовтий.

Червоний кластер зосереджений навколо фізико-хімічних аспектів дослідження та методів аналізу. Тут виділяються такі терміни як «адсорбція», «електрохімічні техніки», «метали», «важкі метали», «наночастинки» та «очищення води». Цей кластер відображає технологічні та аналітичні підходи до вивчення забруднень води, спричинених військовою діяльністю. Зв'язки між термінами «адсорбція» та «наночастинки» вказують на сучасні методи очищення води від військових забруднень з використанням передових матеріалів. Термін «електрохімічні техніки» пов'язаний з розробкою методів аналізу якості води, що дозволяють визначати низькі концентрації специфічних забруднювачів, характерних для військової діяльності. Щільна мережа зв'язків у цьому кластері свідчить про активний розвиток інструментальних методів аналізу стану водних об'єктів, що постраждали від військових дій.

Зелений кластер пов'язаний з екологічним моніторингом та оцінкою впливу на довкілля. В ньому домінують терміни «екосистеми», «екологічний моніторинг», «забруднення навколишнього середовища», «оцінка ризиків» та «важкі метали». Цей кластер представляє методологічні підходи до виявлення та оцінки екологічних наслідків військових дій. Присутність термінів «ґрунтові забруднювачі»

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Комплексна екологічна оцінка впливу військових дій на стан і функціонування гідромережі Київської області та розробка класифікації деструктивних впливів для формування методологічної основи відновлення пошкоджених водних екосистем.

Методи: просторовий аналіз супутникових даних, бібліометричний аналіз наукових публікацій, картографічне моделювання, системний аналіз деструктивних впливів.

Об'єкт: гідромережа Київської області, що зазнала впливу військових дій.

Предмет: екологічні аспекти впливу військових дій на структуру та функціонування регіональних водних екосистем.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Аналіз просторового розподілу та характеру впливу військових дій на водні екосистеми Київської області під час російсько-української війни становить значний науковий інтерес з огляду на необхідність оцінки екологічних наслідків збройного конфлікту для розробки заходів щодо відновлення пошкоджених гідрологічних об'єктів та водної інфраструктури. Представлений на рис. 2 картографічний матеріал демонструє результати комплексного дослідження ситуації в регіоні із застосуванням методів дистанційного зондування та наземного моніторингу, що дозволило ідентифікувати різні категорії порушень гідроекосистем, їх просторову локалізацію та взаємозв'язки з інтенсивністю бойових дій у різних районах області. Ураження гідроекосистем Київської

області у період російсько-української війни демонструє масштабне просторове відображення негативних впливів військових дій на водні об'єкти регіону. Зображення представляє собою супутникову карту Київської області з нанесеними на неї індикаторами різних типів пошкоджень гідроекосистем, що виникли внаслідок бойових дій. У верхньому лівому куті карти розміщено невелике вкладене зображення, що деталізує ситуацію в Києві, Бучанському районі та Мошуні – територіях, які зазнали значних руйнувань під час російського вторгнення.

На основній карті червоним кольором позначено зону бойових дій станом на березень 2022 року, що охоплює північну частину Київської області, включаючи території поблизу Чорнобильської зони відчуження. Ця зона позначена суцільним червоним кольором, а в північно-західній частині додатково виділена діагональним штрихуванням, що згідно з легендою карти відображає території, де відбулося руйнування гідротехнічних споруд у басейнах річок Ірпінь та Дніпро, зокрема територія Іржанського водосховища, яке було відведене для запобігання затоплення Києва.

На карті чітко маркуються різноманітні типи ушкоджень водних об'єктів. Блакитними хвилястими лініями позначено забруднення річок Ірпінь внаслідок інтенсивних боїв та пожеж, що свідчить про значне хімічне та фізичне навантаження на ці водотоки. Червоні зірочки вказують на місця дамб на р. Ірпінь, які зазнали пошкоджень або руйнувань, що призвело до зміни гідрологічного режиму річки та пов'язаних із нею екосистем. Білі кола з чорною окантовкою позначають встановлені місцевості, де відбулася загибель

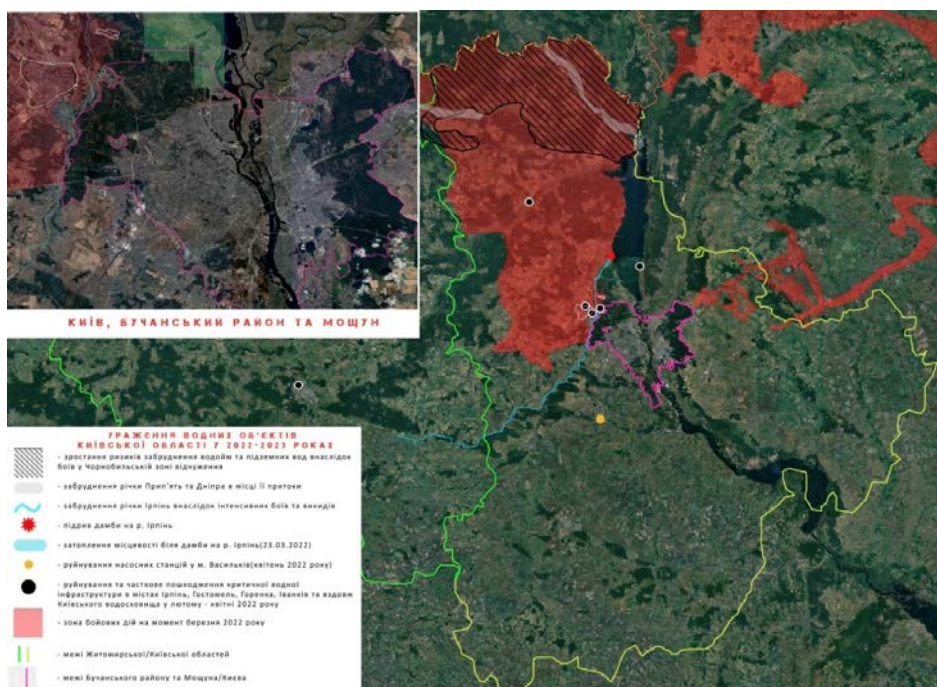


Рис. 2. Ураження гідроекосистем Київської області у період російсько-української війни

риб у річці (станом на 23.03.2022), що є прямим біо-індикатором критичного погіршення якості води.

Жовті кола ідентифікують місця руйнування насосних станцій у м. Василькові (лютий 2022 року), що вплинуло на системи водопостачання та водовідведення в регіоні. Чорні кола позначають території з руйнуванням та частковим пошкодженням критичної водної інфраструктури в населених пунктах Ірпінь, Гостомель, Горенка, Лютиж та інших, що призвело до порушення централізованого водопостачання для населення.

Жовтими лініями на карті позначено межі Житомирської/Київської областей, а рожевими – межі Бучанського району та Москви/Києва. Ці адміністративні межі допомагають краще локалізувати масштаб ушкоджень у географічному контексті.

Зображена на карті ситуація ілюструє системний характер впливу військових дій на гідроекосистеми Київської області. Пошкодження інфраструктури водопостачання, руйнування гідротехнічних споруд, забруднення водотоків та масова загибель гідробіонтів формують комплексну картину екологічної деградації водних об'єктів. Особливо критичною є ситуація в північних районах області, де інтенсивність бойових дій була найвищою. Представлені дані охоплюють переважно 2022 рік – початковий період повномасштабного вторгнення, коли ці території перебували під тимчасовою окупацією або в зоні активних бойових дій.

Картографічне відображення дозволяє ідентифікувати просторові закономірності розподілу

негативних впливів, що може бути використано для планування моніторингових досліджень, оцінки екологічних ризиків та розробки стратегій відновлення пошкоджених гідроекосистем у пост-мілітарний період. Масштаб і різноманітність позначених ушкоджень свідчать про значний екологічний слід військових дій у водних екосистемах регіону, що потребуватиме тривалих і комплексних зусиль для відновлення їх екологічного стану та функціональності.

ОБГОВОРЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Актуальним завданням післявоєнного відновлення територій, що зазнали військового втручання, є розробка науково-обґрунтованих підходів до реабілітації пошкоджених гідроекосистем з урахуванням специфіки деструктивних впливів, локальних гідрологічних та екологічних умов, а також наявних технологічних та економічних ресурсів. Представлено систематизацію потенційних шляхів відновлення водних екосистем за основними типами пошкоджень, спричинених військовими діями, з оцінкою їх ефективності та часових рамок реалізації. Потенційні шляхи реабілітації пост-мілітарних гідроекосистем. Представлена систематизація методів екологічної реабілітації пост-мілітарних гідроекосистем відображає структурований підхід до відновлення водних об'єктів за основними типами деструктивних впливів, спричинених військовими діями.

Хімічне забруднення гідроекосистем (табл. 1) характеризується гетерогенністю політантів із

Таблиця 1. Стратегічні підходи до екологічної реабілітації пост-мілітарних гідроекосистем від хімічного забруднення

Тип забруднення	Потенційні шляхи реабілітації	Ефективність	Часові рамки
Нафтопродукти та паливно-мастильні матеріали	– біоремедіація із застосуванням нафтоокиснювальних мікроорганізмів; – фіторемедіація із використанням гідрофітів-гіперакумуляторів; – сорбційні технології із застосуванням природних та синтетичних сорбентів; – хімічна нейтралізація з використанням поверхнево-активних речовин	Висока для локальних забруднень, середня для масштабних розливів	Середньо- та довгострокові (2–10 років)
Важкі метали від боєприпасів та військової техніки	– хімічна іммобілізація із застосуванням хелатуючих агентів; – фіторемедіація з використанням водних рослин-гіперакумуляторів; – внесення геохімічних бар'єрів; – електрокінетична ремедіація донних відкладів	Середня до високої залежно від концентрації та форми металів	Довгострокові (5–25 років)
Органічні військові хімікати (компоненти вибухових речовин, пропеленти, пластифікатори)	– розширена каталітична оксидація; – УФ-деструкція; – біоремедіація з використанням спеціалізованих штамів мікроорганізмів; – технології адсорбції з використанням активованого вугілля та синтетичних сорбентів	висока для більшості сполук, низька для стійких органічних забруднювачів	середньострокові (3–8 років)
Радіонукліди	– іммобілізація із застосуванням цеолітів та бентонітів; – фіторемедіація з використанням гіперакумуляторів; – технології капсулювання забруднених донних відкладів; – створення інженерних геохімічних бар'єрів	низька до середньої залежно від типу радіонуклідів	довгострокові до надзвичайно довгострокових (10–100+ років)

варіабельними фізико-хімічними властивостями та токсикодинамічними параметрами. Особливо перспективними для деконтамінації є біотехнологічні підходи з використанням спеціалізованих консорціумів мікроорганізмів-деструкторів та гідрофітів-гіперакумуляторів, що демонструють високу ефективність при елімінації нафтопродуктів та органічних військових хімікатів. Для важких металів оптимальними є методи хімічної іммобілізації та фітореMediaції, тоді як радіонуклідне забруднення потребує довготривалих стратегій із застосуванням геохімічних бар'єрів та капсулювання донних відкладів.

Реабілітація гідроекосистем від фізичних пошкоджень зосереджується на відновленні структурно-функціональної організації водних об'єктів. Термічна деструкція внаслідок пожеж і вибухів потребує реоксигенації водних мас та біостимуляції автохтонної мікробіоти, що забезпечує відносно швидке відновлення екосистемних функцій. Седиментаційне забруднення, спричинене посиленою ерозією, вимагає комплексного підходу з акцентом на гідротехнічну рекультивацію та аерацію донних відкладів. Особливої уваги потребує відновлення порушеного гідрологічного режиму, що вимагає інтегрованих заходів із реконструкції русел та ренатуралізації заплавної території.

Механічні пошкодження гідроекосистем першочергово вимагають відновлення структурної цілісності біотопів. Фрагментація оселищ, зумовлена обстрілами та вибухами, потребує реконструктивних заходів із створення штучних рифів та відновлення екотонів. Ущільнення ґрунтів внаслідок руху важкої техніки ефективно нівелюється комбінацією механічної рекультивації та біотурбаційної активізації. Знищення водної та прибережної рослинності може бути компенсоване реінтродукцією аборигенних видів та створенням плавучих біоплато, що забезпечує відносно швидке відновлення екосистемних функцій.

Біологічні порушення та комплексні пошкодження представляють найбільший виклик для реабілітаційних стратегій. Інвазії чужорідних видів, що часто супроводжують військові конфлікти внаслідок

порушення природних екологічних бар'єрів, потребують довготривалих заходів із біологічного контролю та селективної елімінації. Патогенне ураження гідробіонтів вимагає біотехнологічних підходів до стимуляції імунітету та оптимізації гідрохімічного режиму. Порушення трофічних ланцюгів ефективно відновлюються через екосистемний реінжиніринг та біоманіпуляцію ключовими видами. Системна деградація екосистеми, що характеризується синергічною дією різномірних деструктивних факторів, потребує мультимодального підходу з адаптивним менеджментом та перманентним моніторингом відновлювальних процесів.

Запропонована систематизація реабілітаційних стратегій створює методологічну основу для розробки науково-обґрунтованих програм відновлення пост-мілітарних гідроекосистем з урахуванням специфіки локальних гідрологічних, гідрохімічних та біотичних умов.

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз сучасних досліджень демонструє багатогранний характер впливу військових дій на водні екосистеми, що включає хімічне забруднення, фізичну деструкцію біотопів та порушення функціональних зв'язків.

2. Бібліометричний аналіз виявив чотири ключові напрямки досліджень: фізико-хімічні аспекти забруднень, методи екологічного моніторингу, біологічні відповіді організмів та специфічні забруднювачі водних екосистем.

3. Картографування наслідків військових дій у Київській області виявило значні порушення гідромережі, включаючи руйнування гідротехнічних споруд, забруднення водотоків, пошкодження інфраструктури водопостачання та масову загибель гідробіонтів.

4. Систематизація методів відновлення пошкоджених гідроекосистем відповідно до типу деструктивного впливу (хімічного, фізичного, механічного, біологічного) створює методологічну основу для розробки регіональних програм екологічної реабілітації.

REFERENCES

- [1] 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. <https://doi.org/10.1139/er-2015-0039>
- [2] Quist, M. C., Fay, P. A., Guy, C. S., Knapp, A. K., & Rubenstein, B. N. (2003). Military training effects on terrestrial and aquatic communities on a grassland military installation. *Ecological Applications*, 13(2), 432–442. https://webpages.uidaho.edu/quistlab/publications/EcoApps_2003_Quist_FtRiley.pdf
- [3] Gheorghe, V., Gheorghe, C., Popovici, D. R., Mihai, S., Dragomir, R. E., & Șomoghi, R. (2024). Reduction of Oxygen Production by Algal Cells in the Presence of O-Chlorobenzylidene Malononitrile. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 21(2), 159. <https://doi.org/10.3390/ijerph21020159>
- [4] Кирпичова, І., Береженко, К., Бординьова, О., Скаковський, С., Сопова, Н., Чуприна, Я., Любятський, С., Комарьста, Б., Бєдиух, В., & Носьєєв, О. (2024). Identifying the risks of armed conflict impact on the ecosystem. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(10), 119–128. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298430>
- [5] Gallardo, B., Clavero, M., Sánchez, M. I., & Vilà, M. (2016). Global ecological impacts of invasive species in aquatic ecosystems. *Global Change Biology*, 22(1), 151–163. <https://doi.org/10.1111/gcb.13004>

- [6] Talbot, C. J., Bennett, E. M., Cassell, K., Hanes, D. M., Minor, E. C., Paerl, H., Raymond, P. A., Vargas, R., Vidon, P. G., Wollheim, W., & Xenopoulos, M. A. (2018). The impact of flooding on aquatic ecosystem services. *Biogeochemistry*, 141(3), 439–461. <https://doi.org/10.1007/s10533-018-0449-7>
- [7] Kirei, V. V. (2024). The impact of armed conflicts on natural ecosystems and environmental protection. *National Interests: Priorities and Security*, 20(7), 1377–1393. <https://doi.org/10.24891/ni.20.7.1377>
- [8] Corrales, X., Katsanevakis, S., Coll, M., Heymans, J. J., Piroddi, C., Ofir, E., & Gal, G. (2020). Advances and challenges in modelling the impacts of invasive alien species on aquatic ecosystems. *Biological Invasions*, 22(3), 907–934. <https://doi.org/10.1007/s10530-019-02160-0>
- [9] Vlasova, O. V., Shevchenko, A., Shevchenko, I. A., & Kozytsky, O. M. (2023). Monitoring of water bodies and reclaimed lands affected by warfare using satellite data. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(42), 97524–97534. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26892-8>
- [10] Yang, L., Driscoll, J., Sarigai, S., Wu, Q., Lippitt, C. D., & Morgan, M. (2022). Towards Synoptic Water Monitoring Systems: A Review of AI Methods for Automating Water Body Detection and Water Quality Monitoring Using Remote Sensing. *Sensors*, 22(6), 2416. <https://doi.org/10.3390/s22062416>
- [11] Du, Y., Zhang, Y., Ling, F., Wang, Q., Li, W., & Li, X. (2016). Water Bodies' Mapping from Sentinel-2 Imagery with Modified Normalized Difference Water Index at 10-m Spatial Resolution Produced by Sharpening the SWIR Band. *Remote Sensing*, 8(4), 354. <https://doi.org/10.3390/rs8040354>
- [12] Bolanos, S., Stiff, D., Brisco, B., & Pietroniro, A. (2016). Operational Surface Water Detection and Monitoring Using Radarsat 2. *Remote Sensing*, 8(4), 285. <https://doi.org/10.3390/rs8040285>
- [13] Lu, S., Wu, B., Yan, N., & Wang, H. (2011). Water body mapping method with HJ-1A/B satellite imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13(3), 428–434. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2010.09.006>
- [14] Xue, W., Yang, H., Wu, Y., Kong, P., Xu, H., Wu, P., & Ma, X. (2021). Water Body Automated Extraction in Polarization SAR Images With Dense-Coordinate-Feature-Concate Network. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 14, 12338–12350. <https://doi.org/10.1109/jstars.2021.3129182>
- [15] Bao, L., Lv, X., & Yao, J. (2021). Water Extraction in SAR Images Using Features Analysis and Dual-Threshold Graph Cut Model. *Remote Sensing*, 13(17), 3465. <https://doi.org/10.3390/rs13173465>
- [16] Kapelista, I., Kireitseva, H., Tsyhanenko-Dziubenko, I., Khomenko, S., & Vovk, V. (2024). Review of Innovative Approaches for Sustainable Use of Ukraine's Natural Resources. *Grassroots Journal of Natural Resources*, 7(3), s378–s395. <https://doi.org/10.33002/nr2581.6853.0703ukr19>
- [17] Tsyhanenko-Dziubenko, I., Kireitseva, H., & Fonseca Araújo, J. (2024). Physiological and biochemical biomarkers of macrophyte resilience to military-related toxic stressors. *Journal Environmental Problems*, 9(4), 227–234. <https://doi.org/10.23939/ep2024.04.227>
- [18] Tsyhanenko-Dziubenko, I., Šerevičienė, V., & Ustymenko, V. (2024). Dissecting biochemical mechanisms that mediate tolerance to military chemical stressors in diverse malacological systems. *Environmental problems*, 9(1), 51–58. <https://doi.org/10.23939/ep2024.01.051>
- [19] Tsyhanenko-Dziubenko, I., Kireitseva, H., Demchuk, L., & Vovk, V. (2023). Hydrochemical Determination of the Teteriv River and the Kamianka River Eutrophication Potential. *17th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment*, 2023(1), 1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023520089>
- [20] Tsyhanenko-Dziubenko, I., Kireitseva, H., & Demchuk, L. (2023). Dynamics of Heavy Metal Compounds Allocation in Urbohydrotops of Kyiv Region in Post-Military Conditions. *17th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment*, 2023(1), 1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023520066>

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] 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. <https://doi.org/10.1139/er-2015-0039>
- [2] Quist, M. C., Fay, P. A., Guy, C. S., Knapp, A. K., & Rubenstein, B. N. (2003). Military training effects on terrestrial and aquatic communities on a grassland military installation. *Ecological Applications*, 13(2), 432–442. https://webpages.uidaho.edu/quistlab/publications/EcoApps_2003_Quist_FtRiley.pdf
- [3] Gheorghe, V., Gheorghe, C., Popovici, D. R., Mihai, S., Dragomir, R. E., & Șomoghi, R. (2024). Reduction of Oxygen Production by Algal Cells in the Presence of O-Chlorobenzylidene Malononitrile. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 21(2), 159. <https://doi.org/10.3390/ijerph21020159>
- [4] Kyrpychova, I., Berezenko, K., Bordiuhova, O., Skakovskiy, S., Sopova, N., Chupryna, Y., Liubyskiy, S., Komarysta, B., Bendiuh, V., & Nosyriev, O. (2024). Identifying the risks of armed conflict impact on the ecosystem. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(10), 119–128. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298430>
- [5] Gallardo, B., Clavero, M., Sánchez, M. I., & Vilà, M. (2016). Global ecological impacts of invasive species in aquatic ecosystems. *Global Change Biology*, 22(1), 151–163. <https://doi.org/10.1111/gcb.13004>
- [6] Talbot, C. J., Bennett, E. M., Cassell, K., Hanes, D. M., Minor, E. C., Paerl, H., Raymond, P. A., Vargas, R., Vidon, P. G., Wollheim, W., & Xenopoulos, M. A. (2018). The impact of flooding on aquatic ecosystem services. *Biogeochemistry*, 141(3), 439–461. <https://doi.org/10.1007/s10533-018-0449-7>
- [7] Kirei, V. V. (2024). The impact of armed conflicts on natural ecosystems and environmental protection. *National Interests: Priorities and Security*, 20(7), 1377–1393. <https://doi.org/10.24891/ni.20.7.1377>

- [8] Corrales, X., Katsanevakis, S., Coll, M., Heymans, J. J., Piroddi, C., Ofir, E., & Gal, G. (2020). Advances and challenges in modelling the impacts of invasive alien species on aquatic ecosystems. *Biological Invasions*, 22(3), 907–934. <https://doi.org/10.1007/s10530-019-02160-0>
- [9] Vlasova, O. V., Shevchenko, A., Shevchenko, I. A., & Kozytsky, O. M. (2023). Monitoring of water bodies and reclaimed lands affected by warfare using satellite data. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(42), 97524–97534. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26892-8>
- [10] Yang, L., Driscoll, J., Sarigai, S., Wu, Q., Lippitt, C. D., & Morgan, M. (2022). Towards Synoptic Water Monitoring Systems: A Review of AI Methods for Automating Water Body Detection and Water Quality Monitoring Using Remote Sensing. *Sensors*, 22(6), 2416. <https://doi.org/10.3390/s22062416>
- [11] Du, Y., Zhang, Y., Ling, F., Wang, Q., Li, W., & Li, X. (2016). Water Bodies' Mapping from Sentinel-2 Imagery with Modified Normalized Difference Water Index at 10-m Spatial Resolution Produced by Sharpening the SWIR Band. *Remote Sensing*, 8(4), 354. <https://doi.org/10.3390/rs8040354>
- [12] Bolanos, S., Stiff, D., Brisco, B., & Pietroniro, A. (2016). Operational Surface Water Detection and Monitoring Using Radarsat 2. *Remote Sensing*, 8(4), 285. <https://doi.org/10.3390/rs8040285>
- [13] Lu, S., Wu, B., Yan, N., & Wang, H. (2011). Water body mapping method with HJ-1A/B satellite imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13(3), 428–434. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2010.09.006>
- [14] Xue, W., Yang, H., Wu, Y., Kong, P., Xu, H., Wu, P., & Ma, X. (2021). Water Body Automated Extraction in Polarization SAR Images With Dense-Coordinate-Feature-Concatenate Network. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 14, 12338–12350. <https://doi.org/10.1109/jstars.2021.3129182>
- [15] Bao, L., Lv, X., & Yao, J. (2021). Water Extraction in SAR Images Using Features Analysis and Dual-Threshold Graph Cut Model. *Remote Sensing*, 13(17), 3465. <https://doi.org/10.3390/rs13173465> [...]
- [16] Kapelista, I., Kireitseva, H., Tsyhanenko-Dziubenko, I., Khomenko, S., & Vovk, V. (2024). Review of Innovative Approaches for Sustainable Use of Ukraine's Natural Resources. *Grassroots Journal of Natural Resources*, 7(3), s378–s395. <https://doi.org/10.33002/nr2581.6853.0703ukr19>
- [17] Tsyhanenko-Dziubenko, I., Kireitseva, H., & Fonseca Araújo, J. (2024). Physiological and biochemical biomarkers of macrophyte resilience to military-related toxic stressors. *Journal Environmental Problems*, 9(4), 227–234. <https://doi.org/10.23939/ep2024.04.227>
- [18] Tsyhanenko-Dziubenko, I., Šerevičienė, V., & Ustymenko, V. (2024). Dissecting biochemical mechanisms that mediate tolerance to military chemical stressors in diverse malacological systems. *Environmental problems*, 9(1), 51–58. <https://doi.org/10.23939/ep2024.01.051>
- [19] Tsyhanenko-Dziubenko, I., Kireitseva, H., Demchuk, L., & Vovk, V. (2023). Hydrochemical Determination of the Teteriv River and the Kamianka River Eutrophication Potential. *17th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment*, 2023(1), 1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023520089>
- [20] Tsyhanenko-Dziubenko, I., Kireitseva, H., & Demchuk, L. (2023). Dynamics of Heavy Metal Compounds Allocation in Urbohydrotops of Kyiv Region in Post-Military Conditions. *17th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment*, 2023(1), 1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023520066>

© Кірейцева Г. В., Циганенко-Дзюбенко І. Ю.
 Дата надходження статті до редакції: 17.02.2025
 Дата затвердження статті до друку: 25.02.2025