

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГИЖИЦЬКОГО**

ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

Допускається до захисту
Кафедра **Екології та захисту довкілля**
«_____» _____ 2025 р.

Завідувач кафедри _____
(підпис)

к.б.н., доцент Петро ХІРІВСЬКИЙ
(наук.ступ., вч.зв., ім'я та прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Магістр
(рівень вищої освіти)

на тему: «Екологічна оцінка стану довкілля у регіонах України під впливом
воєнних дій та заходи з відновлення і рекультивації земель»

Виконав студент групи Еко-63
Спеціальності 101 «Екологія»
Яцишин Тарас Володимирович

Керівник Ірина САЛАМАХА
Консультант Лариса ГОРДІЙЧУК

Дубляни 2025

3.3 Воєнно-техногенний вплив на деградацію ґрунтів та екологічний стан земель в Україні.

3.4 Відновлення та рекультивація земель, деградованих унаслідок повномасштабної війни в Україні.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.

4.1 Особливості охорони праці під час екологічних досліджень у період воєнного стану.

4.2 Захист населення та організація дій у надзвичайних ситуаціях.

ВИСНОВКИ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.

5. Перелік графічного матеріалу (подається конкретний перерахунок аркушів з вказуванням їх кількості): рисунки (18).

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2, 3	Саламаха І.Ю., доцент кафедри екології		
4	Гордійчук Л.М., доцент кафедри інженерної механіки		

7. Дата видачі завдання 23 вересня 2024 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Написання вступу та розділу «Огляд літератури»	23.09.24 – 27.01.25	
2	Написання розділу «Об’єкт, методи і методика досліджень»	28.01.25 – 03.03.25	
3	Написання розділу «Результати досліджень»	04.03.25 – 26.08.25	
4	Написання розділу «Охорона праці та захист населення у надзвичайних ситуаціях», підготовка висновків, формування списку літератури	27.08.25 – 08.12.25	

Студент _____ Тарас ЯЦИШИН

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Ірина САЛАМАХА

УДК 504.054:355.01:631.459:502.174

Екологічна оцінка стану довкілля у регіонах України під впливом воєнних дій та заходи з відновлення і рекультивації земель. Яцишин Т.В. Кваліфікаційна робота. Кафедра екології та захисту довкілля. Дубляни, ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького, 2025.

74 с. текст. част., 14 табл., 18 рис., 43 джерела.

У кваліфікаційній роботі здійснено комплексну екологічну оцінку стану довкілля у регіонах України під впливом воєнних дій. Проведено огляд наукових джерел щодо класифікації воєнно-екологічних загроз, наслідків антропогенної діяльності та міжнародно-правових механізмів захисту довкілля в умовах збройних конфліктів. Визначено об'єкт і методи дослідження, а також представлено методику оцінки екологічного стану атмосферного повітря, водних ресурсів та ґрунтів. Результати показали значні зміни у складі і якості атмосферного повітря, водних ресурсів та деградацію ґрунтів, викликані воєнно-техногенними факторами. Розроблено науково обґрунтовані заходи з відновлення і рекультивації земель, що враховують специфіку воєнного впливу. Окремо висвітлено питання охорони праці та організації захисту населення під час екологічних досліджень у надзвичайних ситуаціях. Викладені результати сприяють підвищенню ефективності природоохоронних заходів у постконфліктний період.

ЗМІСТ

ВСТУП.	6
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.	8
1.1 Класифікація воєнно-екологічних загроз та їх вплив на довкілля.	8
1.2 Екологічні наслідки антропогенної діяльності на навколишнє середовище.	12
1.3 Злочини проти довкілля та міжнародно-правові механізми його захисту в умовах збройних конфліктів.	22
2 ОБ'ЄКТ, МЕТОДИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.	26
2.1 Об'єкт і методи досліджень.	26
2.2 Методика досліджень.	29
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.	32
3.1 Екологічна оцінка впливу воєнних дій на атмосферне повітря в Україні.	32
3.2 Екологічна оцінка впливу воєнних дій на водні ресурси України.	39
3.3 Воєнно-техногенний вплив на деградацію ґрунтів та екологічний стан земель в Україні.	50
3.4 Відновлення та рекультивація земель, деградованих унаслідок повномасштабної війни в Україні.	58
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.	62
4.1 Особливості охорони праці під час екологічних досліджень у період воєнного стану.	62
4.2 Захист населення та організація дій у надзвичайних ситуаціях.	63
ВИСНОВКИ.	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.	69

ВСТУП

Сучасний етап розвитку України характеризується поєднанням глибоких соціально-економічних змін та масштабних екологічних викликів, зумовлених воєнними діями. Збройний конфлікт спричиняє багаторівневий вплив на довкілля – від прямих руйнувань до тривалих процесів деградації екосистем. Пошкодження промислових об'єктів, інфраструктури та складів небезпечних речовин формує джерела вторинного забруднення, а продукти вибухів, токсичні гази, важкі метали й нафтопродукти зумовлюють довготривалі негативні екологічні наслідки.

Атмосферне повітря є одним із найбільш уразливих компонентів довкілля, оскільки першим реагує на вибухи, пожежі та токсичні викиди, а підвищення концентрацій пилу, оксидів азоту, діоксиду сірки, чадного газу, органічних токсикантів і металів становить значну загрозу за умов обмеженого моніторингу в зонах бойових дій. Ґрунтовий покрив зазнає механічних і хімічних порушень, що проявляються у формуванні кратерів, зміні структури, накопиченні уламків техніки та залишків боєприпасів, а також забрудненні токсичними речовинами, що призводить до деградації земель та зниження родючості агроєкосистем, а міграція важких металів створює ризики забруднення ґрунтових вод. Водні ресурси страждають унаслідок руйнування гідротехнічних споруд, надходження токсикантів і порушення гідрологічних режимів, що зумовлює довготривале погіршення стану водних екосистем і потенційне міжрегіональне поширення забруднення. Значного значення набуває правовий вимір охорони довкілля в умовах війни.

У сучасних умовах, зумовлених масштабними воєнними діями та посиленням антропогенного навантаження, критично важливим постає комплексний екологічний моніторинг, що поєднує методи дистанційного зондування, лабораторних аналізів, польових вимірювань, GIS-моделювання та інтегральних індексів оцінки стану довкілля, оскільки від оперативності й достовірності таких даних залежить екологічна безпека населення,

стабільність функціонування господарських комплексів і подальші можливості для сталого розвитку.

Особливої уваги потребують регіони з масовим руйнуванням промислових об'єктів, складів нафтопродуктів і хімічних підприємств, а також території активних бойових дій, які формують зони підвищеної екологічної небезпеки. У цьому контексті стратегічного значення набуває відновлення та рекультивація пошкоджених земель, що має супроводжуватись формуванням ефективної системи моніторингу та правового захисту довкілля відповідно до міжнародних екологічних і гуманітарних стандартів.

Метою дослідження кваліфікаційної роботи є комплексна екологічна оцінка стану довкілля регіонів України під впливом воєнних дій, визначення основних типів воєнно-екологічних загроз, аналіз екологічних наслідків антропогенного навантаження та обґрунтування заходів щодо відновлення, рекультивації й підвищення стійкості пошкоджених територій.

Для досягнення поставленої мети передбачається виконання таких **завдань**:

- класифікувати основні види воєнно-екологічних загроз і визначити їхній вплив на компоненти довкілля;
- проаналізувати екологічні наслідки антропогенної діяльності в умовах конфлікту та посилення техногенного тиску;
- охарактеризувати злочини проти довкілля та визначити міжнародно-правові механізми його захисту в період збройних конфліктів;
- провести екологічну оцінку впливу воєнних дій на стан навколишнього середовища України та обґрунтувати напрями відновлення, рекультивації та мінімізації негативних наслідків для постраждалих екосистем.

У цьому контексті дане дослідження є внеском у формування наукової основи для оцінки сучасного стану довкілля України, визначення масштабів воєнно-екологічних загроз і розроблення ефективних рішень щодо зменшення їхнього впливу та відновлення пошкоджених територій.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Класифікація воєнно-екологічних загроз та їх вплив на довкілля

Сучасні дослідження у сфері воєнної екології переконливо демонструють, що збройні конфлікти ХХІ століття формують новий, надзвичайно інтенсивний і багатофакторний тип антропогенного тиску на довкілля. Він характеризується глибокими та часто довготривалими наслідками, що охоплюють усі структурні компоненти природних систем. Особливо виразно ці тенденції проявилися на території України, де масштабні воєнні дії спричинили комплекс фізичних, хімічних, біологічних, техногенних і радіаційних порушень, які не мають аналогів у новітній історії країни [3]. За цих умов систематизація воєнно-екологічних загроз набуває ключового значення для розуміння механізмів екодеструкції, обґрунтування сучасних підходів до управління природними ресурсами та планування стратегій післявоєнного екологічного відновлення [3; 8].

Повномасштабна агресія російської федерації проти України стала прикладом конфлікту, що генерує унікальний за масштабом і структурою комплекс екологічних ризиків. Ці загрози значно виходять за межі традиційних промислових чи техногенних чинників, оскільки поєднують у собі фізичні, хімічні, біологічні, радіаційні та техногенні впливи, які запускають глибокі та нерідко незворотні трансформації екосистем.

Воєнний тиск на природні системи є багатовимірним комплексом деструктивних процесів, що потребує переосмислення класичних парадигм екологічної безпеки. У науковій літературі виділяють кілька ключових груп впливів [8; 38; 43].

По-перше, спостерігається інтенсивна фізична та морфологічна деградація земельних ресурсів. Вибухові навантаження формують численні вирви, руйнують ґрунтовий профіль і змінюють рельєф, тоді як рух важкої

військової техніки призводить до ущільнення ґрунтів, порушення їхньої структури й зниження водопроникності [32]. Сукупно ці процеси ускладнюють природне відновлення територій і сприяють довготривалій втраті екосистемних функцій.

По-друге, надзвичайно важливим чинником є хімічне забруднення довкілля [17]. Йдеться про забруднення ґрунтів, підземних і поверхневих вод важкими металами, продуктами детонації вибухових речовин, паливно-мастильними матеріалами та іншими токсичними компонентами [3; 17; 39]. На відміну від звичайних промислових полютантів, «військово-хімічне» навантаження поєднує широкий спектр токсикантів із порушенням ґрунтової структури, що значно ускладнює процеси ремедіації [39]. Ефективне мінімізаційне управління вимагає застосування сучасних біоінженерних і фіторемедіаційних технологій, спрямованих на стабілізацію небезпечних елементів та відновлення мікробіологічної активності ґрунтів [24].

По-третє, воєнні дії супроводжуються широкомасштабними техногенними та енергетичними катастрофами. Цілеспрямовані атаки на енергетичну інфраструктуру призвели до знищення близько 9 ГВт генеруючих потужностей теплових і гідроелектростанцій, тоді як ще приблизно 18 ГВт залишаються під окупацією, включаючи потужності Запорізької АЕС [3; 8]. Особливо резонансним прикладом стала руйнація Каховської ГЕС, яка спричинила істотні гідрологічні зміни у Чорноморському басейні та різке скорочення біорізноманіття південних регіонів [4; 18; 29].

З огляду на їхню природу та масштаби, воєнні загрози класифікують за кількома критеріями (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Класифікація воєнно-екологічних загроз та їхній вплив на довкілля

Критерій класифікації	Тип загрози	Основні прояви	Екологічні наслідки
За характером та джерелом впливу	Фізичні	Вибухи, вирви, пожежі, руйнування інфраструктури, ущільнення ґрунтів технікою	Фрагментація ландшафтів, деградація ґрунтів, порушення гідрологічних режимів
	Хімічні	Забруднення важкими металами, продуктами детонації, паливно-мастильними матеріалами	Токсикація біосфери, накопичення поліутантів, ризики для здоров'я населення
	Біологічні	Порушення популяцій, зниження біорізноманіття, інвазії	Втрата екосистемної стійкості, зміна структури біоценозів
	Радіаційні	Пошкодження АЕС та сховищ, ризики розсіювання радіоактивних відходів	Довготривале радіаційне забруднення, трансграничні ризики
	Техногенні та енергетичні	Руйнування промислових об'єктів, аварії на ГЕС і ТЕС	Забруднення довкілля, втрата критичної інфраструктури
	Вибухонебезпечні (мінні)	Наявність мінних полів та нерозірваних вибухових предметів	Неможливість землекористування, деградація земель
За просторовим масштабом	Локальні	Вибухи, пожежі, точкові руйнування	Зміна мікрорельєфу, локальне забруднення
	Регіональні	Затоплення, руйнування великих об'єктів, масштабні пожежі	Порушення екосистемних зв'язків, зміни в річкових басейнах
	Транскордонні	Перенесення токсикантів повітряними масами, забруднення міжнародних водних басейнів	Формування глобальних ризиків, міграція поліутантів
За тривалістю наслідків	Короткострокові	Пожежі, токсичні викиди	Раптові зміни якості повітря й води
	Середньострокові	Деградація ґрунтів, зміна біогеохімічних потоків	Порушення продуктивності екосистем
	Довгострокові та незворотні	Радіаційні ураження, руйнування унікальних природних територій	Втрата родючості, незворотні зміни екосистем

Воєнно-екологічні загрози формують багатокomпонентну систему деструктивних процесів, у межах якої окремі чинники не лише діють самостійно, але й взаємодіють між собою, посилюючи загальний екодеструктивний ефект [8; 38]. Український досвід підтверджує, що сучасні війни спричиняють не лише безпосередні фізичні руйнування, а й глибокі структурні зміни у ґрунтових, водних та біотичних компонентах довкілля. У таких умовах систематизація воєнно-екологічних впливів набуває стратегічного значення, оскільки забезпечує наукове підґрунтя для формування ефективних підходів до екологічного відновлення, реабілітації порушених територій та зміцнення екологічної безпеки у післявоєнний період [6; 43].

Аналіз наявних досліджень дає підстави стверджувати, що вплив збройних дій на природне середовище має комплексний, багатофакторний і синергетичний характер [3; 14; 43]. Фізичні, хімічні, радіаційні, біологічні та техногенні процеси взаємно підсилюють один одного, формуючи каскадні ефекти, які істотно ускладнюють перебіг відновних процесів та поглиблюють масштаб екологічної деградації. У контексті України ці загрози проявляються не лише локально, а й на регіональному та транскордонному рівнях, що зумовлює необхідність координації природоохоронних заходів на міждержавному рівні.

Сформована класифікація воєнно-екологічних загроз є важливою науковою основою для подальших досліджень, моделювання прогнозованих наслідків та розроблення комплексних стратегічних програм з відновлення природних екосистем [43]. Її застосування дозволяє забезпечити системний підхід до аналізу екологічних змін, спричинених війною, та сприяє формуванню ефективної екологічної політики в умовах післявоєнного розвитку [2].

1.2 Екологічні наслідки антропогенної діяльності на навколишнє середовище

Навколишнє середовище розглядають як інтегровану систему природних (живих і неживих) та соціальних компонентів, взаємодія яких формує умови існування людства та визначає напрями його господарської діяльності [3]. Екосистеми забезпечують суспільство трьома ключовими групами послуг: ресурсною (постачання води, продовольства, деревини, корисних копалин), регуляційною (підтримання кліматичних параметрів, очищення повітря й води, регуляція популяцій, захист від стихійних явищ) та культурною, що охоплює рекреаційні та естетичні цінності природних ландшафтів.

Цілісність довкілля ґрунтується на складних взаємозв'язках між його елементами, а динамічність природних процесів зумовлює постійні адаптаційні реакції екосистем. Людина є невід'ємною частиною цієї системи, тому оцінка екологічного стану територій набуває ключового значення як на локальному, так і на глобальному рівнях.

Екологічний стан визначають як інтегральну характеристику якості довкілля, що відображає його здатність забезпечувати потреби населення та підтримувати функціонування біосфери [38]. Його оцінювання здійснюється на основі аналізу широкого спектра показників: стану ґрунтів, якості повітря та води, рівня біорізноманіття, шумового навантаження, продуктивності та самовідновного потенціалу екосистем. Цей процес передбачає комплексний моніторинг, використання значних масивів даних і спеціалізованих методів моделювання.

Погіршення екологічного стану найчастіше зумовлене антропогенними чинниками. Характеристика екологічної шкоди базується на її масштабах, тривалості та інтенсивності впливу. Так, за Конвенцією ЕНМОД, широкомасштабною вважають шкоду, що охоплює території площею сотні квадратних кілометрів [5]; довготривалою – таку, наслідки якої зберігаються

щонайменше десять років [9]; серйозною – ту, що спричиняє істотні негативні зміни для людей, природних та економічних ресурсів [28]. Водночас трактування цих термінів може варіювати залежно від міжнародних чи національних підходів.

Основними джерелами екологічної шкоди є викиди небезпечних речовин, що спричиняють деградацію повітря, води та ґрунтів. Їхній вплив визначається токсичністю, просторовим охопленням та тривалістю дії, що зумовлює різну складність подальшої рекультивації. Додатковими формами негативного впливу є забруднення – потрапляння хімічних, фізичних чи біологічних агентів понад нормативи, та засмічення – накопичення сторонніх предметів або матеріалів, які погіршують стан середовища [38].

Окремим аспектом є неконтрольоване та незаконне використання природних ресурсів, включно з несанкціонованим водокористуванням, вирубкою лісів чи браконьєрством. Такі дії завдають довготривалої шкоди через відсутність регулювання й орієнтацію виключно на короткострокові вигоди [3].

У контексті воєнних дій масштаби екологічних порушень значно зростають, а їхній комплексний характер ускладнює оцінку та мінімізацію наслідків. Попри неможливість повного уникнення екологічних втрат під час військових конфліктів, міжнародне право встановлює обмеження щодо допустимих видів та рівнів впливу. У цьому контексті екологічним злочином визначають умисне завдання шкоди довкіллю шляхом порушення національних і міжнародних норм та угод [6].

У серпні 2022 р. Уряд України спільно зі Світовим банком та Європейською комісією підготував звіт «Україна: швидка оцінка завданої шкоди та потреб на відновлення – серпень 2022» [8], який містить попередні дані щодо збитків, спричинених збройною агресією російської федерації, зокрема й у сфері довкілля.

Станом на 1 червня 2022 р. втрати лісових насаджень оцінювалися приблизно в 3 % через лісові пожежі, тоді як 38 % територій залишалися

недоступними через мінування. Загальні збитки, завдані лісовим угіддям, транспортній інфраструктурі, будівлям та обладнанню, сягали майже 2,5 млрд доларів США. Вартість втрати екосистемних послуг, зумовленої мінуванням та недоступністю лісів, оцінювалася у 739 млн доларів США за період 21 місяця з березня 2022 р.. Галузеві потреби на реконструкцію та модернізацію оцінено у 1,2 млрд доларів США [8].

Станом на 5 травня 2022 р. було зафіксовано 377 випадків екологічних інцидентів. Найбільш постраждалими регіонами виявилися східні та південно-східні області України, а також Київська область, із Харківською областю як найбільш ураженою (рис. 1.1).

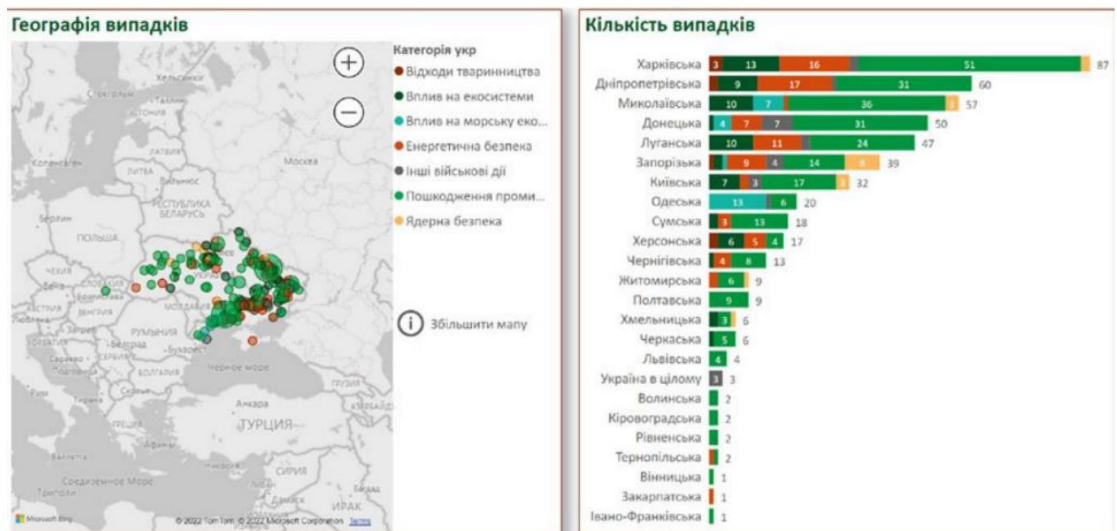


Рисунок 1.1 – Розподіл та кількість екологічних інцидентів в Україні станом на 5 травня 2022 року [8]

У зоні бойових дій розташовано близько 360 критично важливих об'єктів, частина з яких зазнала пошкоджень. Спостерігалися численні випадки забруднення атмосферного повітря, а також потенційно значні забруднення ґрунтових та поверхневих вод [16; 17]. На рисунку 1.2 представлено дані щодо екологічних ризиків, пов'язаних із війною в Україні. Серед промислових об'єктів із високим потенційним ризиком забруднення

виділяють АЕС, коксохімічні підприємства, металургійні заводи, нафтосховища та шахти [8].

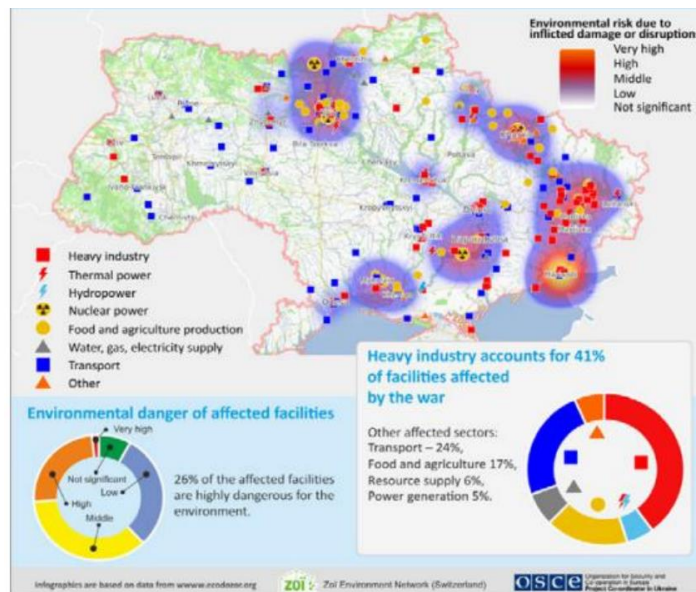


Рисунок 1.2 – Карта екологічних ризиків та аналіз постраждалих об’єктів внаслідок військових дій в Україні

Якщо оцінювати вплив на забруднення атмосферного повітря та пов’язані з цим ризики для здоров’я населення, відомо, що пожежі, дим та шкідливі випари, спричинені обстрілами, суттєво погіршують якість повітря. Значним джерелом забруднення залишаються лісові пожежі, зосереджені в зоні бойових дій (рис. 1.3). До початку масштабних бойових дій системна оцінка впливу забруднення повітря на здоров’я населення не проводилась [8].

Значні збитки були завдані об’єктам водної інфраструктури, що призвело до підвищення ризику для здоров’я населення. У всіх містах Луганської області на території, підконтрольній Україні, відсутнє водопостачання та система очищення стічних вод. Значні пошкодження водопостачальних і каналізаційних об’єктів зафіксовано також у Донецькій, Запорізькій, Харківській та Миколаївській областях. У багатьох регіонах вода потрапляє у водойми без належної очистки, особливо у зонах активних бойових дій [13; 20; 37].

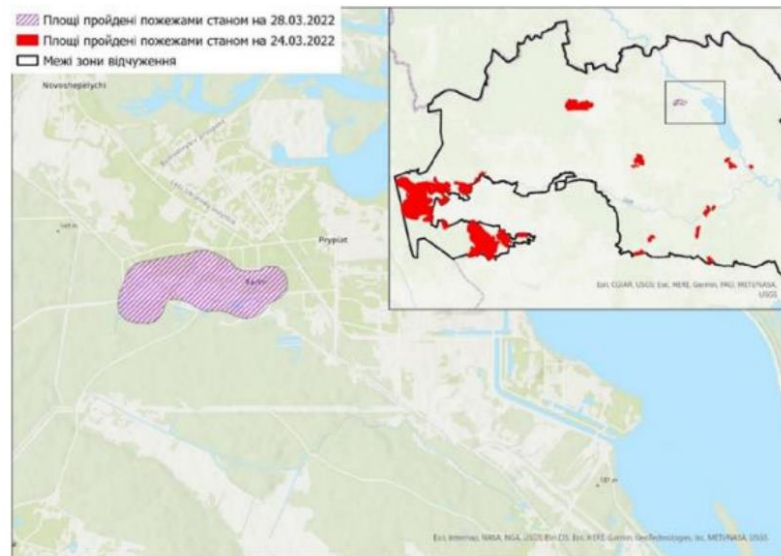


Рисунок 1.3 – Динаміка та локалізація лісових пожеж у Чорнобильській зоні відчуження (24–28 березня 2022 р.)

За попередніми оцінками, 1,4 млн осіб не мають доступу до безпечної води, а ще 4,6 млн – мають обмежений доступ. Для прикладу, пошкодження системи водопостачання з р. Дніпро до м. Миколаїв призвело до повної відсутності питної води протягом трьох тижнів. Через ризики спалахів холери з 1 червня 2022 р. розпочато посилений санітарно-епідеміологічний контроль. Загальна шкода від обмеженого доступу до чистої води у 2022 р. оцінювалася у 138–257 млн доларів США [8].

Ще однією значущою проблемою є утворення небезпечних відходів. Війна призвела до накопичення високо небезпечних матеріалів у кількостях, що перевищують річні обсяги їх утворення в Україні. У Донецькій і Луганській областях виникла загроза для приблизно 4500 промислових підприємств, а також близько 200 зі 465 існуючих сховищ промислових відходів (рис. 1.4). Більшість із них перебувала в аварійному або застарілому стані, що створює ризик потрапляння токсичних речовин у річки Дніпро, Дністер та Сіверський Донець.

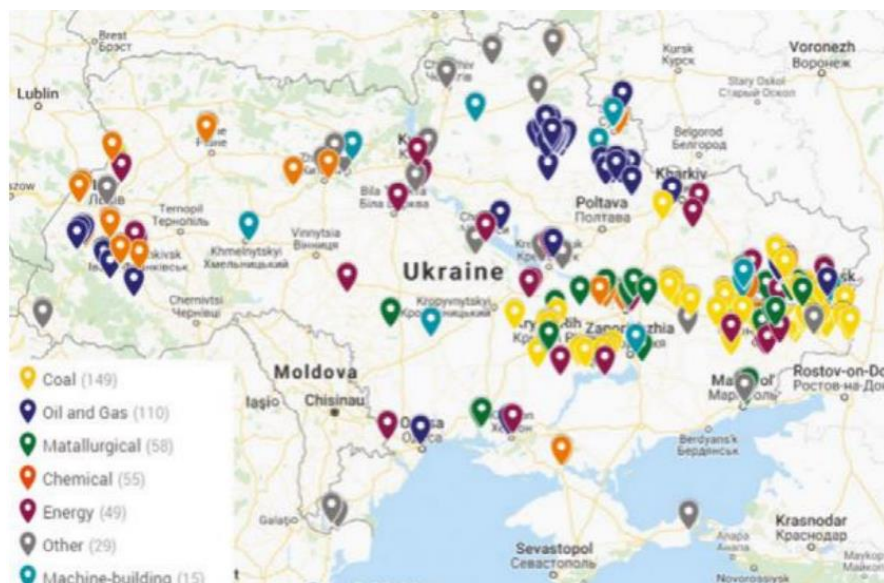


Рисунок 1.4 – Географічний розподіл сховищ відходів в Україні за основними секторами промисловості

Особливо значущими є наслідки для природоохоронних територій та об'єктів природно-заповідного фонду: близько 20 % площі заповідних територій України опинилися під ризиком ураження. Постраждали Рамсарські угіддя, території Смарагдової мережі, біосферні заповідники та унікальні степові екосистеми. Понад 900 природоохоронних територій загальною площею 1,2 млн га зазнали руйнувань або забруднення [35].

У березні 2023 р. було підготовлено другий звіт із оцінки завданої шкоди [9]. Загальна вартість реконструкції та відновлення України оцінювалася у 411 млрд доларів США. Найбільші фінансові потреби характерні для Донецької, Харківської, Луганської та Херсонської областей. Дані щодо збитків за регіонами наведено в таблиці 1.2.

Навесні 2022 р. для уповільнення просування російських військ у напрямку Києва Збройні Сили України здійснили підриг дамби на р. Ірпінь. Це дозволило стримати наступ, проте спричинило підтоплення населених пунктів Демидів, Козаровичі, Червоне, Гута-Межигірська, Горенка та Мощун. Початковий масштаб затоплення становив понад 25 км², надалі розширившись до 46 км².

Таблиця 1.2 – Збитки, втрати та потреби за областями, млн доларів
США

Область	Збитки	Втрати	Потреби
Вінницька			6,5
Волинська			11,7
Дніпропетровська			3,3
Донецька	322,3	55,6	182,8
Житомирська	51,9	30,8	47,6
Закарпатська			12,3
Запорізька	15,5	15,1	10,5
Івано-Франківська			10,7
Кіровоградська			3,1
Київська	183,9	63,2	114,5
Луганська	326,0	87,4	186,8
Львівська			11,6
Миколаївська	19,1	4,6	12,5
Одеська			3,8
Полтавська			4,6
Рівненська			13,6
Сумська	1,0	53,5	8,5
Тернопільська			3,4
Харківська	444,0	79,1	254,1
Херсонська	106,0	31,2	61,1
Хмельницька			4,9
Черкаська			5,9
Чернігівська	67,9	102,7	50,2
Чернівецька			4,4
Всього	1537,7	523,2	1453,3

На супутникових знімках (рис. 1.5) зафіксовано наслідки затоплення, включаючи змивання пестицидів, агрохімікатів та інших забруднювачів із територій [10].

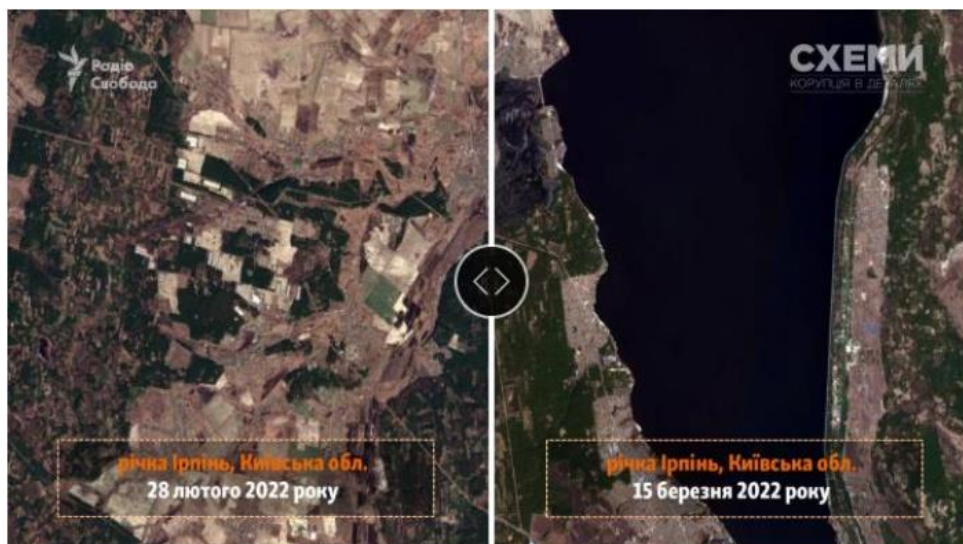


Рисунок 1.5 – Порівняльні супутникові знімки р. Ірпінь до та після затоплення

26 березня 2022 р. відбулася одна з перших ракетних атак на м. Львів, спрямована на нафтопереробний завод у межах міста (рис. 1.6). За даними Львівської обласної військової адміністрації, нафтобаза була повністю зруйнована, пошкоджено ємності для зберігання нафтопродуктів. Внаслідок удару виникла пожежа, яку рятувальники ліквідували протягом ночі. Розлив нафтопродуктів спричинив забруднення ґрунтів[10].



Рисунок 1.6 – Наслідки ракетного удару по нафтобазі у Львові: супутниковий знімок та місце події

Унаслідок бойових дій у Харківській області Ізюмський ліс зазнав значних пошкоджень: більша частина лісового масиву вигоріла, а середній вік зруйнованих дерев становив 30–40 років. Окрім шкоди для біоти, бойові дії суттєво вплинули на ґрунтовий покрив. Пересування важкої техніки призвело до ущільнення ґрунтів, порушення процесів повітро- та вологообміну та погіршення умов для природного відновлення лісового масиву (рис. 1.7) [10].



Рисунок 1.7 – Порівняння супутникових знімків Ізюмського лісу (Харківська область) до (2021) та після (2022) масштабних пожеж/військових дій.

Досвід сучасних збройних конфліктів, включаючи російсько-українську війну, демонструє, що екологічний вимір війни перестає бути другорядним фактором та набуває статусу ключового елементу національної й міжнародної безпеки. Злочини проти довкілля, що супроводжуються широкомасштабними змінами природних систем, створюють довготривалі ризики для здоров'я населення, економічної стабільності й природної стійкості територій. Сучасні міжнародно-правові інструменти, зокрема норми міжнародного гуманітарного права, акти ООН та положення Римського статуту МКС, формують основу для притягнення винних до відповідальності,

проте потребують подальшого вдосконалення та адаптації до умов гібридних війн і техногенних катастроф.

Захист довкілля в умовах воєнних дій має спиратися на міждисциплінарний підхід, який поєднує правові, екологічні, технічні, гуманітарні та управлінські інструменти. Важливим є впровадження комплексної системи моніторингу, що включає супутникові спостереження, дистанційне зондування, GIS-технології, оперативний аналіз даних про забруднення та руйнування екосистем. Розбудова механізмів екологічної відповідальності держав-агресорів, зокрема через міжнародні судові інституції, дозволяє забезпечити відшкодування завданих збитків і реалізацію принципу невідворотності покарання за екологічні злочини.

Перспективи післявоєнного відновлення України значною мірою залежать від глибини екологічної оцінки шкоди та ефективності стратегій рекультивації. Відновлювальні заходи мають враховувати особливості деградованих земель, рівень забруднення ґрунтів, стан водних ресурсів, втрати біорізноманіття та техногенні ризики. Особливу увагу необхідно приділити реанімації зрошувальних систем південних областей, відновленню водно-болотних угідь, лісових масивів, а також рибогосподарських ресурсів. Гармонізація природоохоронної політики з міжнародними стандартами дозволить сформувати сучасну модель екологічної безпеки, яка здатна протистояти наслідкам війни та запобігати подібним катастрофам у майбутньому.

Таким чином, системний підхід до документування, оцінювання та мінімізації екологічних злочинів під час збройних конфліктів є необхідною умовою збереження природних ресурсів, зміцнення екологічної безпеки та забезпечення сталого розвитку в постконфліктний період.

1.3 Злочини проти довкілля та міжнародно-правові механізми його захисту в умовах збройних конфліктів

Злочини проти довкілля становлять окрему категорію суспільно небезпечних діянь, що посягають на екологічну безпеку, сталість природних систем та якість життя населення. У кримінальному законодавстві України вони визначаються як протиправні дії, які порушують встановлений режим охорони природних ресурсів, завдають шкоди природним компонентам або створюють загрозу екологічній безпеці, спричиняючи негативні зміни стану довкілля [5; 13; 35].

Правові засади охорони природи та регулювання природокористування закріплені у Декларації про державний суверенітет України та Конституції України. Визначальним є положення ст. 50 Конституції, що гарантує кожному право на безпечне для життя та здоров'я довкілля та на відшкодування завданої порушенням цього права шкоди. Згідно зі ст. 13 Конституції, природні ресурси України є власністю Українського народу, що обумовлює їхній особливий правовий статус і необхідність підвищеного рівня захисту [2; 5; 42].

Кримінальний кодекс України визначає десять основних груп злочинів проти довкілля, які охоплюють широкий спектр правопорушень: злочини проти екологічної безпеки; порушення правил землекористування та охорони надр; порушення вимог щодо охорони атмосферного повітря; злочини, пов'язані з водними ресурсами; правопорушення у сфері лісокористування; протиправне знищення або пошкодження флори та фауни; інші діяння, що завдають шкоди природним комплексам і об'єктам [5; 13]. Ці норми формують інституційну основу для забезпечення охорони екосистем і попередження екологічно небезпечних діянь.

На міжнародному рівні екологічні злочини визнаються такими, що становлять загрозу міжнародній безпеці та сталому розвитку. Важливими

документами, які встановлюють стандарти захисту довкілля у воєнний час, є Женевські конвенції 1949 року та Додатковий протокол I (1977 р.), що забороняють застосування методів ведення війни, здатних спричинити широкомасштабну, довготривалу та серйозну шкоду природному середовищу. Принципи міжнародного екологічного права, закріплені у Декларації Ріо-де-Жанейро (1992 р.), наголошують на необхідності інтеграції природоохоронних вимог у процеси забезпечення міжнародної безпеки. Принцип 24 прямо зобов'язує держави дотримуватися правил охорони довкілля під час збройних конфліктів [5; 7; 15].

Особливе місце займає Римський статут Міжнародного кримінального суду, який визнає екологічну шкоду однією з ознак воєнних злочинів [7; 20]. Норми Статуту дають змогу кваліфікувати як злочин умисне завдання широкої та тривалої шкоди природному середовищу, зокрема шляхом руйнування промислових об'єктів, застосування токсичних речовин чи цілеспрямованого знищення природних ресурсів.

Важливе значення має Конвенція ENMOD (1976 р.), що забороняє використання технологій модифікації природних процесів із військовою метою [15]. Це був перший міжнародний документ, який визнав вплив воєнних дій на довкілля об'єктом глобального контролю.

Поняття «екоцид» активно розвивається як у національній, так і в міжнародній правовій практиці. В Україні екоцид визначено у ст. 441 Кримінального кодексу як умисне масове знищення флори чи фауни, отруєння водних або атмосферних ресурсів та інші дії, здатні спричинити екологічну катастрофу. За його вчинення передбачене суворе покарання – від 8 до 15 років позбавлення волі. У міжнародному праві екоцид включає систематичні, цілеспрямовані або масштабні дії, які призводять до глибокої деградації екосистем і створюють загрозу життю населення, зокрема у контексті збройних конфліктів [7; 13; 20].

Під час російсько-української війни зафіксовано широкий спектр екологічних злочинів, серед яких: підриви та обстріли промислових об'єктів із

токсичними речовинами; руйнування гідротехнічних споруд; знищення природно-заповідних територій і лісів; пожежі на сміттєзвалищах і складах пального; пошкодження інфраструктури водовідведення та очищення стічних вод; витоки нафтопродуктів і хімічних речовин [19]. Факти екологічних злочинів систематично документують державні органи, наукові установи, громадські організації та міжнародні ініціативи, зокрема кампанія «Stop Escocide in Ukraine». Зібрані матеріали є доказовою базою для проваджень у Міжнародний кримінальний суд (МКС) та інших міжнародних судових інституціях [19].

Міжнародне гуманітарне право встановлює обмеження щодо ведення війни з метою захисту цивільного населення та природного середовища. До ключових документів належать: Женевські конвенції I–IV; Додаткові протоколи I–III; Гаазька конвенція про захист культурних цінностей; міжнародні угоди щодо заборони хімічної, біологічної та запалювальної зброї [5; 7].

У 2020 р. Міжнародний комітет Червоного Хреста розробив «Керівні принципи щодо захисту природного середовища під час збройного конфлікту», які охоплюють 32 норми, спрямовані на забезпечення: загального та спеціального захисту природного середовища; обмеження застосування зброї з високим ризиком масштабної екологічної шкоди; заборони використання екологічної шкоди як стратегії ведення війни; мінімізації незаконного вилучення природних ресурсів; контролю і відповідальності сторін конфлікту; підвищення рівня екологічної обізнаності військових.

МКС здійснює юрисдикцію щодо осіб, винних у воєнних злочинах, включно з екологічними. Процедура розслідування включає досудове провадження, видачу ордеру на арешт, підготовче слухання та судовий процес. Покарання передбачає тривале позбавлення волі, довічне ув'язнення, штрафи чи конфіскацію майна. Відсутність строку давності забезпечує можливість притягнення винних незалежно від часу скоєння злочину [5; 8].

Міжнародний досвід підтверджує, що війни спричиняють комплексні зміни природного середовища, зокрема деградацію ґрунтів, забруднення поверхневих і підземних вод, руйнування лісових масивів, зменшення біорізноманіття, зміни локального клімату та порушення екологічної рівноваги. Відомі приклади – використання дефоліантів у В'єтнамі, підпали нафтосховищ в Іраку, токсичні викиди в Югославії, забруднення територій в Афганістані [2; 14].

Гуманітарні наслідки охоплюють втрати життя і здоров'я, вимушені переселення, руйнування критичної інфраструктури та загострення епідеміологічної ситуації. Соціально-економічні наслідки проявляються у зниженні продуктивності земель, втраті природних ресурсів та значних збитках у промисловості, сільському господарстві та транспортній сфері [36].

Протидія екологічним злочинам потребує комплексного багатоаспектного підходу, що передбачає поєднання національного та міжнародного правового регулювання, сучасних технологій моніторингу, екологічної експертизи, міждержавної співпраці, діяльності громадських організацій, системного документування екологічних збитків та впровадження програм відновлення і рекультивації.

Екологічні злочини у період збройних конфліктів становлять серйозну загрозу не лише для природного середовища, але й для національної та міжнародної безпеки, здоров'я населення та сталого розвитку держав. Міжнародно-правові механізми та національне законодавство України забезпечують комплексну правову основу для протидії таким злочинам, однак ефективність їх реалізації значною мірою залежить від системності моніторингу, належного документування порушень та активної взаємодії держави, міжнародних інституцій і громадянського суспільства. Інтеграція правових, технічних і організаційних інструментів дозволяє забезпечити належний рівень захисту екосистем, гарантувати екологічну безпеку населення та створити умови для відновлення довкілля у післявоєнний період.

2 ОБ'ЄКТ, МЕТОДИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Об'єкт і методи досліджень

Військові дії на території України спричинили суттєві зміни в стані довкілля: забруднення атмосферного повітря токсичними речовинами, погіршення якості води та деградацію земель, руйнування екосистем і погіршення екологічної якості територій. Тому важливим завданням сучасної науки та практики управління природними ресурсами є проведення комплексної екологічної оцінки постраждалих регіонів.

Екологічна оцінка стану довкілля в умовах воєнних дій є критично важливим інструментом для виявлення масштабів екологічної шкоди, визначення рівня забруднення природних компонентів та встановлення ступеня порушення стійкості екосистем.

Актуальність дослідження кваліфікаційної роботи визначається надзвичайними масштабами деградації довкілля, спричиненими широкомасштабною збройною агресією. Виникає нагальна потреба у розробці науково обґрунтованих, економічно ефективних та відповідних міжнародним стандартам заходів екологічної реабілітації для забезпечення сталого післявоєнного відновлення України.

Робота спрямована на формування навичок самостійного аналізу технологій, методів та засобів охорони довкілля й раціонального природокористування, зокрема ресурсозбереження, з використанням систематичного огляду та аналізу статистичних даних і нормативних матеріалів. Дослідження має практичну спрямованість і орієнтоване на оцінку, мінімізацію та ліквідацію екологічних наслідків воєнних дій, зокрема забруднення атмосферного повітря, водних ресурсів та ґрунтів, руйнування біорізноманіття та шкоди природно-заповідному фонду.

Об'єктом дослідження є природні та антропогенні компоненти довкілля регіонів України, що зазнали впливу воєнних дій. Особлива увага

приділяється територіям із високим рівнем техногенного забруднення повітря, води та ґрунту, порушенням ґрунтового покриву та змінами екологічного стану біогеоценозів, зокрема прифронтовим і деокупованим зонам.

Предметом дослідження є процеси забруднення, деградації та трансформації атмосферного повітря, водних і ґрунтових ресурсів під впливом військових дій, а також оцінка ефективності заходів із відновлення, рекультивації та ремедіації довкілля, включно з підвищенням продуктивності ґрунтів, очищенням водних ресурсів і покращенням екологічної якості територій.

Воєнні дії призводять до інтенсивних фізичних, хімічних та біологічних змін у природному середовищі, що проявляються у забрудненні ґрунтів, водних ресурсів, атмосферного повітря, деградації земель, зниженні біорізноманіття та трансформації ландшафтів. У цих умовах виникає потреба у використанні комплексних, високоточних та взаємодоповнюючих методів дослідження, які здатні забезпечити об'єктивну та доказову оцінку фактичного стану природних систем [8; 42].

Сучасні методи екологічного моніторингу охоплюють широкий спектр інструментів – від лабораторного аналізу специфічних забруднювачів військового походження до застосування супутникових технологій, польових обстежень та математичного моделювання. Їх поєднане використання дозволяє формувати багатовимірну картину екологічних змін, оперативно виявляти критично небезпечні ділянки, оцінювати ризики для здоров'я населення та довкілля, а також обґрунтовувати заходи з ліквідації наслідків та відновлення природних ресурсів.

Методологічна основа екологічної оцінки є ключовою для ефективного управління довкіллям в умовах воєнного впливу, адже забезпечує науково обґрунтовані дані, необхідні для прийняття стратегічних рішень, планування рекультиваційних робіт та розроблення державних і міжнародних програм екологічної безпеки [8; 35; 43].

Для проведення екологічної оцінки стану довкілля застосовуються комплексні методи, що забезпечують всебічний аналіз пошкоджень та забруднень: аналітичні (лабораторні) методи, геоінформаційні та дистанційні методи, польові екологічні дослідження, статистичні та математичні методи, а також комплексні експериментальні методи (лабораторно-польові).

Застосування комплексної системи методів екологічної оцінки стану довкілля забезпечує всебічний, надійний та науково обґрунтований аналіз наслідків воєнного впливу на природні ресурси. Лабораторні аналітичні методи дозволяють точно ідентифікувати спектр хімічних та токсичних забруднювачів, характерних для зон бойових дій, тоді як дистанційні та геоінформаційні технології забезпечують масштабний просторовий аналіз і відстеження динаміки деградаційних процесів. Польові дослідження доповнюють ці дані оцінкою фізичного стану ґрунтів, біорізноманіття та радіаційного фону безпосередньо в природних умовах. Використання статистичних і математичних моделей підсилює аналітику, дозволяючи здійснювати просторове прогнозування, оцінювати екологічні ризики та обґрунтовувати ефективність природоохоронних заходів [15; 31; 36; 39].

Інтеграція лабораторних, дистанційних, польових та експериментально-моделюючих підходів формує єдину інформаційно-методологічну платформу, що забезпечує високу точність оцінювання екологічних змін, спричинених воєнними діями. Такий підхід дозволяє не лише фіксувати масштаби завданої шкоди, а й визначати пріоритетні напрями відновлення, оптимізувати природоохоронні стратегії та створювати науково обґрунтовану основу для подальших рекультиваційних та реабілітаційних програм. У результаті забезпечується підвищення ефективності управління довкіллям, зміцнення екологічної безпеки та формування передумов для сталого відновлення територій у післявоєнний період.

2.3 Методика дослідження

Методика дослідження стану довкілля в умовах воєнних конфліктів передбачає системний та поетапний підхід, що забезпечує точне виявлення, кількісну оцінку та просторове картування наслідків антропогенного впливу на природні компоненти. Специфіка воєнного середовища зумовлює необхідність поєднання підготовчого аналізу наявних даних, польових обстежень у небезпечних зонах, високоточних лабораторних досліджень, а також математичного моделювання і прогнозування динаміки забруднення [36; 39]. Такий інтегрований підхід дозволяє формувати об'єктивну інформаційну базу для прийняття рішень щодо екологічної безпеки, планування рекультиваційних заходів та відновлення деградованих територій:

1. Підготовчий етап:

- аналіз наявних даних: збір статистичної інформації, звітів про бойові дії, а також результатів попередніх екологічних досліджень;
- картування потенційно небезпечних зон: створення первинних карт уражених територій та планування безпечних маршрутів відбору проб із обов'язковим врахуванням мінної небезпеки та зон нерозірваних боєприпасів.

2. Польові дослідження:

- відбір проб: проведення систематичного відбору проб ґрунту, води та рослинності на контрольованих і постраждалих ділянках із використанням сіткового та цільового методів відбору; особлива увага приділяється місцям вибухів, зруйнованій інфраструктурі та територіям з ознаками горіння;
- геодезичне картування: фіксація координат усіх місць відбору проб та меж деградованих земель за допомогою високоточних GPS/ГІС приладів.

3. Лабораторний етап:

- хімічний та фізико-хімічний аналіз: проведення комплексного аналізу для визначення рівня забруднення, концентрації токсичних компонентів, а також фізико-хімічних параметрів;

- оцінка біодоступності: аналіз водорозчинних та рухомих форм забруднюючих речовин, що є критичним для оцінки їхнього впливу на живі організми та можливості міграції.

4. Оцінка та моделювання:

- інтеграція даних: обробка та інтерпретація польових і лабораторних даних з використанням ГІС та статистичних пакетів для створення екологічних карт ризику.

- екологічна оцінка ризику: розрахунок індексів забруднення, визначення гранично допустимих концентрацій для оцінки потенційного впливу забруднювачів на екосистеми та здоров'я людини.

- прогноз ефективності: моделювання процесів самоочищення та прогнозування часових рамок відновлення екосистем.

5. Розробка рекомендацій:

- формулювання практичних заходів: розробка диференційованих програм відновлення для різних типів деградації;

- оптимізація технологій: рекомендації щодо використання місцевих ресурсів та біотехнологій для підвищення екологічної безпеки та прискорення відновлення територій.

Запропонована методика, що поєднує підготовчий, польовий, лабораторний етапи та етап оцінки й моделювання, забезпечує всебічний аналіз стану довкілля у постраждалих від воєнних дій територіях [36; 39; 40].

Використання системного підходу з інтеграцією аналітичних, геоінформаційних, польових, статистичних та експериментальних методів дозволяє:

- точно визначати рівень забруднення ґрунтів, водних ресурсів та атмосферного повітря;

- картувати потенційно небезпечні та деградовані ділянки;

- оцінювати ризики для екосистем та здоров'я населення;
- прогнозувати терміни природного відновлення та ефективність рекультиваційних заходів;
- розробляти науково обґрунтовані рекомендації для практичного відновлення та збереження екологічної безпеки.

Таким чином, комплексна методика досліджень створює надійну основу для прийняття управлінських рішень, формування програм відновлення та сталого управління природними ресурсами в післявоєнний період.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Екологічна оцінка впливу воєнних дій на атмосферне повітря в Україні

Перебіг російсько-української війни супроводжується різким загостренням екологічних проблем. У ХХІ столітті, коли світ і без того стикається із численними глобальними проблемами, розв'язання збройного конфлікту однією державою на території іншої створило критично небезпечну екологічну ситуацію, яку людство намагалося поліпшити протягом десятиліть [3; 16]. Масштаб російської агресії проти України фактично має ознаки екоциду, повне фіксування якого є надзвичайно складним, так само як і прогнозування всіх його довгострокових наслідків. Україні доведеться докласти значних зусиль, щоб юридично зафіксувати очевидні наслідки – загибель мирного населення, руйнування енергетичної інфраструктури, промислових об'єктів, житлового фонду, мінування територій, знищення лісів і сільськогосподарських угідь, а також масштабні втрати обладнання та ресурсів. На жаль, цей перелік можна продовжити. Українське суспільство сподівається на швидке завершення війни, водночас усвідомлюючи, що її екологічний слід відчуватимуть не лише сучасники, а й майбутні покоління [6; 14; 22; 32].

Серед усіх компонентів довкілля саме атмосферне повітря є найбільш уразливим до воєнних впливів. Ворожі удари по промислових підприємствах, нафтобазах, гідротехнічних спорудах, інфраструктурі та житлових будинках спричиняють масовий викид токсичних і шкідливих речовин. Їх накопичення в атмосфері становить пряму загрозу здоров'ю населення та біоти, а також призводить до деградації унікальних екосистем України. Тому актуальним є аналіз забруднення атмосферного повітря шкідливими речовинами [16; 43].

У таблиці 3.1 наведено узагальнені дані щодо знищеної російської наземної та авіаційної техніки протягом 2022–2024 років, а також оцінку

обсягів викидів в атмосферу [15]. Водночас значна частина ворожої техніки й надалі залишається задіяною у бойових діях, що продовжує посилювати екологічні ризики. Якщо враховувати також масштаби знищення української військової техніки, сумарний екологічний ефект виявляється значно серйознішим.

Таблиця 3.1 – Кількість знищеної наземної та авіаційної ворожої техніки, завдані збитки (10.10.2024)

Знищена техніка	Кількість, шт.	Вага відходів, т	Викиди в атмосферу, т
Танки	8940	399418	32766
ББМ	17740	238994	24797
Артсистеми	19203	284531	31476
РСЗВ	1223	49379	2774
Засоби ППО	973	34092	1734
Літаки	368	6790	15308
Гелікоптери	328	2623	1505
Автотехніка	32815	370680	11322
Цистерни з паливом	77	1925	3054
БПЛА ОТР	16086	763	2322
Крилаті ракети	2618	1166	8
Всього	94341	1452738	129504

Наслідки знищення техніки насамперед проявляються у погіршенні стану атмосферного повітря, а забруднювальні речовини, що випадають з атмосфери, додатково уражають ґрунти та водні об'єкти. Відповідно, під вплив потрапляють як населення, так і всі компоненти екосистем [1; 39].

За оцінками Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, сумарна шкода, завдана атмосферному повітрю від початку повномасштабної війни, становить 779,63 млрд грн (табл. 3.2). Найбільш масштабні втрати пов'язані з горінням нафтопродуктів, лісових масивів та інших видів рослинності [19].

Таблиця 3.2 – Збитки атмосферному повітрю за час війни за 2024 р.

Джерело впливу	Шкода, млрд грн	Кількість нафтопродуктів та газу, що згоріли, т	Площа об'єктів, що згоріли, га	Викиди в атмосферу, т
Горіння нафти	138,36	3 071 820	—	10 781 960,0
Викиди забруднюючих речовин у повітря	0,00708	—	—	260,0
Лісові пожежі та інші насадження	635,38	—	85 911,0	61 354 454,0
Знищення об'єктів	5,88	—	192,938	216 608,0
Всього	779,63	—	78754,452	112 860 417,0

Основними чинниками забруднення атмосферного повітря під час воєнних дій є масове знищення військової техніки, руйнування та займання промислових підприємств, інтенсивне використання дизельних і паливних генераторів, детонація боєприпасів, застосування заборонених міжнародними конвенціями видів озброєння, а також заходи з розмінування територій [41].

У зв'язку з масштабним пошкодженням об'єктів енергетики України довелося закупити близько 670 тис. дизельних та паливних генераторів, які стали джерелами як шумового забруднення (до 95 дБ залежно від потужності), так і викидів оксиду вуглецю, сполук азоту й сірки, а також дрібнодисперсних частинок PM_{2,5} та PM₁₀. Особливо високий рівень цих часток утворюється під час роботи дизельних установок. Через мінімальні розміри PM_{2,5} і PM₁₀ здатні проникати у найглибші частки легень (альвеоли) та за тривалої дії асоціюються з підвищеним ризиком розвитку хронічного бронхіту, ХОЗЛ, астми, серцево-судинних порушень та онкологічних захворювань [31; 34].

Руйнування промислових об'єктів також спричиняє значні загрози. Так, 5 червня 2023 року внаслідок обстрілу було пошкоджено ділянку аміакопроводу Тольятті–Одеса у Куп'янському районі Харківської області, що призвело до розгерметизації та викиду 134 т аміаку [15]. Перевищення

концентрацій аміаку в повітрі становить особливу небезпеку для людей, спричиняючи подразнення очей і верхніх дихальних шляхів, гострі респіраторні стани, бронхіт, пневмонію та може призводити до набряку легень. У навколишньому середовищі аміак вступає в реакції з кислотними компонентами атмосфери, зокрема з діоксидом сірки (SO_2), утворюючи аерозолі, що погіршують якість повітря.

Під час займання промислового електрообладнання утворюються поліхлоровані біфеніли та діоксини – надзвичайно токсичні речовини, що викликають генетичні порушення, сприяють виникненню злоякісних новоутворень, прискорюють процеси старіння та пригнічують імунну й нервову системи людини. Окремий екологічний ризик становлять боєприпаси зі збідненим ураном. Під час вибуху утворюються аерозолі радіотоксичних оксидів урану (U_3O_8 , UO_2) із частками діаметром 0,5–5 мкм. Значна частина таких дисперсних частинок тривалий час зберігається в атмосфері, згодом осідаючи на поверхні та мігруючи у ґрунти й підземні води [31].

Найбільшу небезпеку становить інгаляційне надходження пилових частинок збідненого урану. Нерозчинні форми урану можуть залишатися в легеневих тканинах (зокрема у лімфатичних вузлах) протягом багатьох років. Надходження урану через травну систему значно менш ефективне, оскільки він погано всмоктується. Збіднений уран є переважно альфа-випромінювачем, тому його накопичення в тканинах є особливо небезпечним через відсутність природного захисту від такого типу радіації. Як важкий метал, уран також здатен порушувати роботу нирок, печінки та інших органів [34].

Особливу загрозу атмосферному повітрю також становлять масовані ракетні удари. За даними Головнокомандувача ЗСУ Олександра Сирського [15], з 24 лютого 2022 року до 20 серпня 2024 року російські війська здійснили 9627 запусків ракет (з них 2429 були збиті), близько 14 тис. БПЛА (збито 9266) та 33 тис. керованих авіабомб (КАБ). Для оцінки маси шкідливих речовин, що потрапили в атмосферу, враховувалися маси бойових частин різних типів ракет (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Надходження шкідливих речовин від знищених ракет в атмосферне повітря з початку війни

Тип повітряної зброї	Випущено росією під час війни	Знищено	Маса бойової частини, кг	Маса шкідливих речовин, т
Іскандер К та М/KN	1502	132	480	504,7
Х-555/101	1846	1441	410	529,8
Х-22/32	362	2	960	243,3
Х-35	15	1	145	1,5
Х47М2 Кинжал	111	28	500	38,85
3М-55 Онікс470	211	12	300	44,31
Калібр	894	443	450	281,61
Циркон	6	2	400	1,7
С-300/400	3008	19	180	379,0
Точка-У	68	6	482	22,9
Х-25/29/31/35/58/59/60	1547	343	170	184,1
Інші ракети	57	0	200	7,98
Всього ракет	9627	2429	—	2239,75
Дрон	13977	9266	15	147,0
Всього	—	—	—	2386,75

Найбільшу небезпеку для повітря спричинили збиті крилаті ракети Х-555/101, балістичні ракети Іскандер М/KN та ракети систем С-300/400, які переважали в загальній структурі ракетного озброєння (63,9 %) та забезпечили 56,4 % загального забруднення повітря.

Спалювання або підриг твердого ракетного палива типу баліститу – матеріалу на основі нітрату целюлози та нітроефірних розчинників, який широко використовується у військових ракетних двигунах, – супроводжується утворенням значних обсягів токсичних сполук.

Залежно від типу палива, у складі викидів фіксуються такі компоненти: оксид вуглецю (CO) – до 416,2 г/кг, елементарний вуглець – до 86,4 г/кг, свинець (Pb) – до 6,7 г/кг, оксид свинцю (PbO) – до 1,8 г/кг, оксид азоту (NO) – до 161,6 г/кг, діоксид азоту (NO₂) – до 2,9 г/кг, метан (CH₄) – до 55,0 мг/кг,

аміак (NH_3) – до 0,3 г/кг, азотиста кислота (HNO_2) – до 0,4 г/кг, синильна кислота (HCN) – до 5,2 г/кг. Загалом частка токсичних речовин може становити до 70 % від загального викиду. До цього комплексу забруднювачів також додаються продукти детонації вибухових речовин бойової частини ракети та токсичні сполуки, що утворюються під час згоряння елементів електроніки [31].

В таблиці 3.4 узагальнено розміри екологічної шкоди атмосферному повітрю, спричиненої згорянням бойових частин ракет у період з 24.02.2022 по 20.08.2024 р.

Таблиця 3.4 – Розмір екологічної шкоди атмосферному повітрю внаслідок згоряння бойових частин ракет за період з 24.02.2022 р. по 20.08.2024 р.

Шкідлива речовина	Маса згорілої речовини, Мі, т	Екологічний податок, грн/т	Коефіцієнт класу небезпеки	Розмір шкоди, грн
CO	0,041	96,99	2	954,38
Pb та його сполуки	0,0000695	109127,84	5	23,11
PM10+PM2,5(сажа)	0, 00062	96,99	3	16,19
NO _x	0,42	2574,43	2	277493,76
CO ₂	85,04	30,0	2	306144,26

Розрахунки виконано з урахуванням маси згорілих речовин, ставок екологічного податку та коефіцієнтів небезпечності. Найбільшу шкоду формують оксиди азоту (NO_x) та вуглекислий газ (CO_2) через значні обсяги їх утворення. Менші внески припадають на оксид вуглецю (CO), тверді частинки (PM10+PM2.5) та сполуки свинцю, однак останні є високотоксичними навіть у малих концентраціях [41]. Сукупно наведені показники відображають суттєвий негативний вплив ракетних обстрілів на якість атмосферного повітря.

Високі концентрації оксидів азоту, зафіксовані після ракетних атак, пов'язані передусім із використанням рідинних окиснювачів ракетного

пального на основі азотної кислоти (АТ та АК-27І), що належать до 1-го класу небезпечності. Потрапляючи у ґрунтовий покрив, азотні окиснювачі вступають у реакцію з ґрунтовими лугами, утворюючи нітрати та нітрити. Ці сполуки накопичуються у рослинній тканині та, потрапляючи в організм людини з продуктами харчування, можуть спричиняти метгемоглобінемію – стан, за якого погіршується здатність крові транспортувати кисень. Оскільки більшість сучасних вибухових речовин містить азотні сполуки, які активно окислюються під час вибухів, продукти їхнього розкладання разом з діоксидом та оксидом вуглецю становлять найбільшу частку екологічної шкоди для атмосферного повітря, ґрунтів та суміжних компонентів довкілля.

Станом на сьогодні 44 держави з трьох континентів уже приєдналися до Реєстру збитків, завданих агресією росії проти України [42]. Проте навіть найдеталізованіші розрахунки не здатні повністю відобразити реальний стан атмосферного повітря та спектр довготривалих змін, які очікують населення, флору й фауну як у період триваючих воєнних дій, так і після їх завершення. Наслідки забруднення повітря мають накопичувальний характер, а тому їхній повний екологічний та медико-біологічний ефект проявлятиметься протягом років.

У таких умовах критично важливим є систематичний збір усіх фактів екологічних правопорушень для оперативного ухвалення ефективних управлінських рішень на всіх рівнях – від політичного керівництва держави та правоохоронних органів до екологічних служб і місцевого самоврядування. Паралельно з цим важливо забезпечити участь громадянського суспільства: кожен українець у разі виявлення екологічних злочинів не повинен залишатися байдужим, а має фіксувати такі випадки для подальшої оцінки шкоди, притягнення винних до відповідальності та формування доказової бази для отримання репарацій у міжнародно-правовому полі.

3.2 Екологічна оцінка впливу воєнних дій на водні ресурси України

Воєнні конфлікти на території України, що почалися з анексії Криму у 2014 році та загострилися з повномасштабним вторгненням РФ 24 лютого 2022 року, спричинили суттєве погіршення стану водних ресурсів та порушення екосистем водних об'єктів. Протягом перших 150 днів війни спостерігалися численні негативні наслідки: забруднення важкими металами та іншими хімічними речовинами, руйнування дамб, насосних і очисних споруд, захоплення та знищення водної інфраструктури [1; 17; 33].

Воєнні дії завдають значної шкоди водним ресурсам, формуючи ризики екологічної катастрофи. Особливо постраждали Луганська та Донецька області, де водопостачальна та водовідвідна інфраструктура практично зруйнована, а у Запорізькій, Харківській та Миколаївській областях – зазнала серйозних пошкоджень. Напади на узбережжя Чорного та Азовського морів спричиняють токсичне забруднення води [26; 30].

Аналіз наслідків бойових дій для водних об'єктів України включає синтез теоретичних і аналітичних даних щодо основних ризиків, оцінку порушень екосистем та розробку науково обґрунтованих рекомендацій щодо захисту і відновлення водних ресурсів. Просторові дані (рис. 3.1–3.3) відображають етапи ураження водних об'єктів: зони активних бойових дій і тимчасово окуповані території, підлив ГЕС і дамб, забруднення прибережних та підземних вод [8; 15].

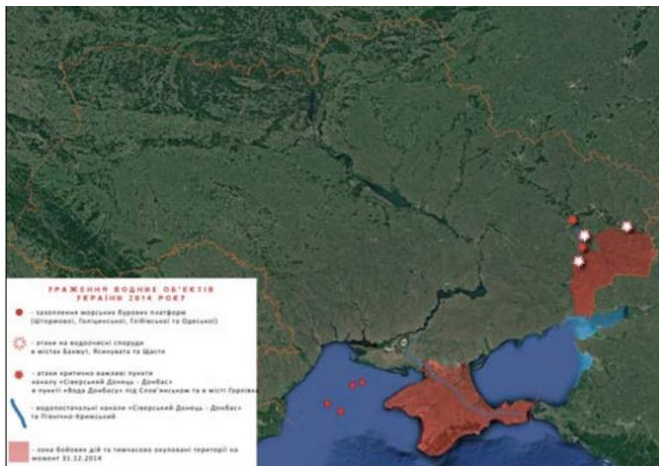


Рисунок 3.1 – Просторова візуалізація ураження водних об'єктів України станом на 31.12.2014 р.



Рисунок 3.2 – Картографічне зображення ураження водних об'єктів у 2022 р.

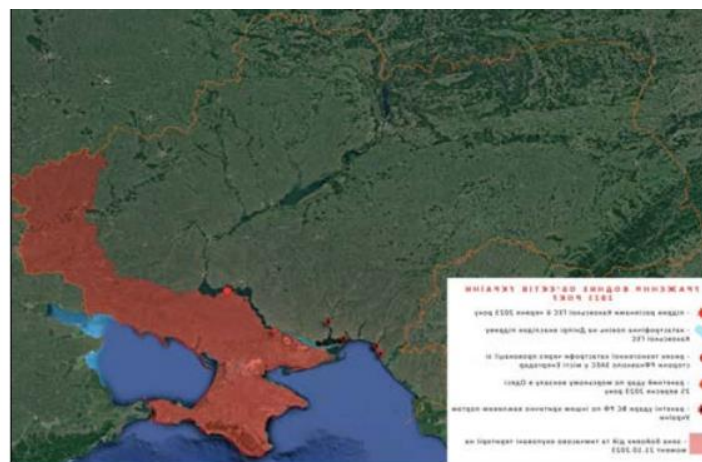


Рисунок 3.3 – Геопросторова репрезентація наслідків військових дій для гідрологічних об'єктів станом на 21.10.2023 р.

Міжнародний досвід підтверджує, що військові конфлікти призводять до руйнування очисних споруд, блокування доступу до безпечної води та забруднення морських водойм. В Україні ці процеси проявляються через руйнування інфраструктури, забруднення вод і загрозу стабільності екосистем, особливо в центральних та східних регіонах (рис. 3.4).

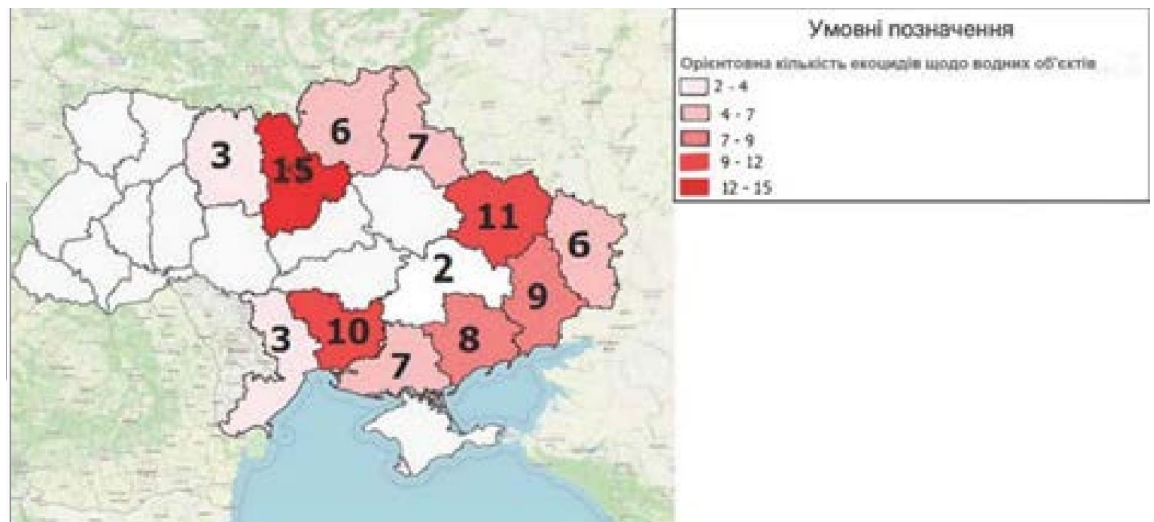


Рисунок 3.4 – Кількість екологічних злочинів проти водних об'єктів України по адміністративних регіонах

Деградація водних ресурсів проявляється у порушенні гідрологічного режиму, погіршенні якості води та зростанні екологічних ризиків. Захоплення ключових об'єктів, зокрема Північно-Кримського каналу, загрожує дефіцитом води [15]. Руйнування централізованих гідротехнічних споруд, трубопроводів, насосних станцій та іригаційних систем південних регіонів викликає гуманітарні й екологічні кризи, робить сільськогосподарські землі непродуктивними та ускладнює відновлення екосистем. Додаткові загрози створюють мінування акваторій і забруднення від промислових об'єктів і техніки, а накопичення токсичних металів, канцерогенів і продуктів розкладу нафтопродуктів у воді та ґрунтах формує тривалі ризики для здоров'я населення та майбутніх поколінь (табл. 3.5–3.6).

Таблиця 3.5 – Наслідки для водних екосистем та населення внаслідок воєнної діяльності

Військові дії	Наслідки для водних ресурсів	Ризики для екосистем	Ризики для людини
Руйнування каналізаційних, очисних споруд, дамб, насосних станцій (наприклад, у м. Василівка, на Запоріжжі, Оскільське водосховище та ін.).	Надходження забруднюючих речовин без будь-якого очищення.	Забруднення ґрунтових та прибережних вод. Загибель водної біоти. Підтоплення територій. Перерозподіл водних об'єктів.	Відсутність доступу до безпечної води. Погіршення здоров'я. Збільшення умов сміттєзвалищ. Засолення, цвітіння. Збільшення інфекційних хвороб.
Обстріли підприємств та вибухи на них (наприклад, «Азовсталь», резервуари нафтопереробного виробництва, нафтобази).	Надходження до водних об'єктів сірки, азоту та інших небезпечних хімічних елементів.	Забруднення водних об'єктів в результаті дії накопичувачів. Наслідки при горінні (наприклад, кислотні дощі). Погіршення структури ґрунтів.	Забруднення санітарних та рекреаційних зон. Погіршення якості води. Задимлювання локальних річок. Загроза погіршення екологічного стану населення.
Мінування водних об'єктів річок та морів (наприклад, руйнування греблі Північно-Кримського каналу).	Загибель дельфінів та іншої водної біоти у прибережних водах Чорного та Азовського морів.	Погіршення санітарних та рекреаційних зон. Знищення водної біоти.	Небезпека для життя в результаті туристичних поїздок та відпочинку.
Захоплення об'єктів (наприклад, Північно-Кримський канал, Каховська ГЕС, Запорізька АЕС).	Зміщення та евакуація місцевих водних споруд.	Збільшення дефіциту води.	Погіршення якості води для життєдіяльності у різних сферах. Збільшення інфекційних хвороб.

Таблиця 3.6 – Основні джерела та наслідки воєнно зумовленого забруднення водних ресурсів у регіонах України з 2022 року

Область	Основна причина забруднення	Види забруднення	Додаткові наслідки
Херсонська	Руйнування Каховської ГЕС (затоплення, осушення водосховища)	Неочищені стічні води, трупна отрута, нафтопродукти, агрохімікати, важкі метали (вимиті з ґрунту та намулу), міни.	Знищено 94% зрошувальних систем.
Миколаївська	Наслідки повені після ГЕС, обстріли водогонів та об'єктів портової інфраструктури	Бактеріологічне забруднення (після ГЕС), хімічні речовини, нафтопродукти (у Бузькому лимані).	Значна частина проб питної води після катастрофи не відповідала нормам.
Запорізька	Наслідки осушення Каховського водосховища, військове засмічення, промислові відходи	Змиті відкладення з дна водосховища, загроза для охолодження Запорізької АЕС.	Без води залишилися 74% зрошувальних систем області.
Одеська	Потрапляння забруднених вод Дніпра у Чорне море	Велика кількість сміття, дерев, прісної води з високим вмістом забруднювачів (викликало загибель дельфінів).	Тимчасова заборона на купання та використання морської води.
Донецька	Активні бойові дії в басейні Сіверського Дінця, руйнування очисних споруд (напр., у Бахмуті, Слов'янську), затоплення шахт.	Нафтопродукти, поліароматичні вуглеводні, важкі метали (кадмій, нікель), азот амонійний (через неочищені стоки).	Критична ситуація з водопостачанням, особливо на підконтрольній Україні території.
Луганська	Бойові дії, руйнування критичної інфраструктури вздовж Сіверського Дінця	Аналогічно Донецькій (нафтопродукти, важкі метали, неочищені стоки).	Значні пошкодження об'єктів водопостачання та водовідведення.
Харківська	Обстріли міст (Харків, Ізюм, Куп'янськ), пошкодження каналізаційних мереж і очисних споруд	Неочищені стічні води (річки Уди, Сіверський Донець), забруднення ґрунтових вод.	Підвищення концентрації азоту амонійного у річках.
Київська	Бойові дії у 2022 році, затоплена військова техніка, руйнування інфраструктури (зокрема, у Бучі, Ірпені)	Паливно-мастильні матеріали, залишки снарядів, неочищені стоки (після пошкодження мереж).	
Дніпропетровська	Наслідки осушення Каховського водосховища (Кривий Ріг, Нікополь), обстріли об'єктів	Втрата джерела водопостачання (канал Дніпро – Кривий Ріг), змиті з дна водосховища забруднювачі.	

Руйнування Каховської ГЕС 6 червня 2023 року є найбільш значущим актом гідрологічної війни та було кваліфіковано як масштабний екоцид [4; 18; 29]. Ця подія спричинила тотальний колапс екосистеми Нижнього Дніпра та завдала системного удару по сільськогосподарській, промисловій та енергетичній інфраструктурі Півдня України. Міжнародні організації, зокрема Програма ООН з навколишнього середовища (UNEP), підтвердили масштаб спустошення та наголошують на необхідності термінової зовнішньої фінансової та технічної підтримки для відновлювальних робіт.

Миттєве спрацювання Каховського водосховища призвело до низки критичних наслідків:

1. Втрата стратегічного водозабезпечення: катастрофічна втрата основного джерела для зрошення понад 580 000 га земель на півдні країни, водопостачання промисловості та охолоджувальних систем електростанцій.

2. Міграція забруднюючих речовин: викид величезних обсягів акумульованих донних відкладень, які можуть містити промислові, сільськогосподарські та, можливо, радіоактивні забруднювачі, у нижню течію Дніпра та Чорне море; зафіксовано витік понад 150 тонн нафтопродуктів.

3. Зміна геоморфології та ерозія: річка Дніпро повернулася до свого до-водосховищного стану, що призвело до зміни режимів ерозії, нестабільності берегів та потенційного опустелювання; довготривала сухість колишнього ложа водосховища збільшує ризик вітрової ерозії ґрунтів та мобілізації забруднюючих речовин.

Результатом підриву Каховської ГЕС стало людські страждання, включно з десятками загиблих і зниклих безвісти, втратою майна, масовою евакуацією населення до інших міст та руйнуванням численних населених пунктів, де тисячі будинків були підтоплені (рис. 3.5).



Рисунок 3.5 – Наслідки підриву Каховської ГЕС

За даними «Укргідроенерго» [15], внаслідок цієї події були втрачені:

- остання сходинка Дніпровського каскаду ГЕС, що стримувала великі обсяги води Каховського водосховища;
- Каховське водосховище об'ємом 18,2 км³, яке забезпечувало водопостачання чотирьох областей України та підтримувало сільськогосподарський розвиток;
- водопостачання до окупованого Криму;
- виробництво 1,5–2 млрд кВт•год електроенергії на рік, що забезпечувало потреби енергосистеми до жовтня 2022 р.;
- маневрові потужності для регулювання пікових навантажень, зокрема у Херсонській та Миколаївській областях;
- споруду Каховської ГЕС, яка мала також історико-архітектурну цінність;
- глибоководний шлях від Чорного моря до Запоріжжя, який слугував артерією для судноплавства міжнародного значення;
- міст із автомобільною та залізничною дорогою, газопроводом та іншими комунікаціями, що з'єднував правий та лівий береги Дніпра.

Підрив Каховської ГЕС класифікується як найбільша техногенна катастрофа в Європі після аварії на Чорнобильській АЕС. Основні катастрофічні наслідки підриву Каховської ГЕС відчуває аграрний сектор економіки [22; 36]. Без водопостачання з Каховського водосховища меліоративні системи південних областей України втрачають функціональність. Зокрема, було зупинено роботу 31 зрошувальної системи у Дніпропетровській, Херсонській та Запорізькій областях, які у 2021 р. забезпечували зрошення 584 тис. га. Більшість цих систем розташовані на тимчасово окупованих територіях, тому їхній стан наразі невідомий. За даними Міністерства аграрної політики та продовольства України, у 2023 р. на правому березі Дніпра функціонували лише 13 зрошувальних систем. Внаслідок підриву без води залишилося 94 % зрошувальних систем у Херсонській, 74 % у Запорізькій та 30 % у Дніпропетровській областях [15]. За попередніми оцінками, відновлення повноцінного зрошення в Херсонській області буде неможливим протягом 2–3 років.

Підрив ГЕС також спричинив масштабну екологічну катастрофу для рибного господарства. Водні біоресурси водойм Херсонської, Дніпропетровської, Миколаївської та інших областей перебувають під загрозою загибелі через відсутність води [15]. Зафіксовані випадки масового замору риби (рис. 3.6).



Рисунок 3.6 – Замори риби внаслідок підриву Каховської ГЕС

Крім того, існує ризик потрапляння прісноводної риби та інших гідробіонтів у солоні води Чорного моря, що може призвести до загибелі частини чорноморської фауни. Нерестова активність у пониззі Дніпра була практично порушена, що спричинило руйнування нормальних умов існування популяцій цінних видів риби [1; 12].

Особливу загрозу підриг становить для державного осетрового заводу «Виробничо-експериментальний Дніпровський осетровий рибовідтворювальний завод ім. акад. С.Т. Артющика», розташованого у с. Дніпровське Білозерського району Херсонської області. Завод, який функціонував з 1984 р., забезпечував компенсаційне відтворення осетрових видів, які втратили можливість природного розмноження, і щороку випускав понад 1,5 млн екземплярів молоді осетрових риби.

За даними Державного агентства рибного господарства України, у перші дні після підригу Каховської ГЕС було знищено близько 30 тис. рибин, що спричинило збитки для українського рибного господарства на суму приблизно 7,6 млн грн. За прогнозами, загибель може охопити до 95 тис. т дорослих особин, що потенційно призведе до збитків на рівні близько 4 млрд грн [15].

Крім того, під загрозою опинилися цілі сектори сільського господарства півдня України. В умовах припинення водопостачання та специфічного клімату регіону стає неможливим повноцінне вирощування низки сільськогосподарських культур. Підриг ГЕС завдав особливого удару по виробництву овочів, фруктів, винограду та баштанних культур. Вказані наслідки не охоплюють усіх аспектів катастрофи – повну оцінку можна буде надати лише після завершення додаткових досліджень.

У таблиці 3.7 узагальнено основні типи забруднювачів водних ресурсів, що виникають унаслідок воєнних дій в Україні, їхні ключові джерела та територіальну поширеність. Наведені дані демонструють, що в різних регіонах фіксуються подібні за природою забруднення – хімічні, мікробіологічні та техногенні, проте їх інтенсивність і масштаби залежать від специфіки бойових

дій та характеру руйнувань інфраструктури. Це дозволяє здійснювати порівняльну оцінку екологічного стану водних об'єктів і визначати пріоритетні напрямки для відновлення та моніторингу.

Таблиця 3.7 – Основні забруднювачі водних ресурсів, їхні джерела та регіональна поширеність у період воєнних дій в Україні

Забруднювач	Джерело	Області, де фіксується
Азот амонійний	Скидання неочищених побутових стічних вод через руйнування очисних споруд.	Донецька, Харківська, Херсонська, Київська.
Нафтопродукти	Затоплена військова техніка, розбомблені нафтобази, склади пального.	Сіверський Донець (Донецька, Луганська), Бузький лиман (Миколаївська).
Важкі метали	Фрагменти снарядів, боєприпасів, токсичні відходи зруйнованих промислових підприємств.	Донецька, Луганська, Херсонська (після ГЕС).
Бактеріологічне/мікробіологічне забруднення	Змиті у воду кладовища, скотомогильники, трупи тварин і людей, неочищені стоки.	Херсонська, Миколаївська (після ГЕС).

Для зменшення наслідків антропогенного впливу війни на водні ресурси необхідне впровадження комплексних стратегій ревіталізації, що включають: фіторемедіацію, біоаугментацію, хімічну іммобілізацію поліутантів та моніторинг біоіндикаторних видів [17].

У таблиці 3.8 наведено шестиетапний підхід до реабілітації водних екосистем. Кожен етап спрямований на зменшення забруднення, відновлення біоти та стабілізацію екологічного балансу, а часові рамки й очікувані результати дозволяють планувати послідовність заходів.

Таблиця 3.8 – Етапи реабілітації та рекультивації водних екосистем, уражених антропогенним впливом війни

Етап	Процедура	Методологія	Орієнтовні часові рамки	Екологічний ефект
1. Превентивна діагностика	Мультиспектральний аналіз водного басейну	Гідрохімічне профілювання, біоіндикація	1–3 місяці	Визначення базового рівня забруднення
2. Гуманітарне розмінування	Магнітометрична розвідка, ехолокація	Роботизоване розмінування, біоремедіація	3–12 місяців	Зниження ризику вторинного забруднення
3. Детоксикація	Фіторемедіація, хімічна нейтралізація	Інтродукція гідроакумуляторів, іонообмінні процеси	6–24 місяці	Редукція концентрації полютантів
4. Біоаугментація	Інтродукція автохтонних мікроорганізмів	Культивування та імплантація бактеріальних консорціумів	3–9 місяців	Відновлення мікробіому
5. Екосистемна реконструкція	Відновлення трофічних ланцюгів	Поетапна реінтродукція гідробіонтів	12–36 місяців	Стабілізація біоценозу
6. Моніторинг	Комплексний екологічний аудит	Біомоніторинг, хемометричний аналіз	Постійно	Оцінка динаміки відновлення

Таким чином, воєнні дії спричиняють масштабне забруднення водних ресурсів важкими металами, нафтопродуктами та специфічними військовими полютантами, що зумовлює погіршення якості води та зростання ризиків для здоров'я населення.

3.3 Воєнно-техногенний вплив на деградацію ґрунтів та екологічний стан земель в Україні

Широкомасштабні воєнні дії створюють комплексну загрозу не лише для населення та економіки, але й для природних ресурсів України, зокрема ґрунтів. Активна фаза бойових дій, що супроводжується застосуванням важкої техніки, вибухами та горінням військового обладнання, прискорює механічну, фізичну та хімічну деградацію ґрунтів. Це проявляється у порушенні ґрунтового профілю, зміні гранулометричного складу, забрудненні важкими металами (Pb, Zn, Cd) та токсичними речовинами, а також трансформації мікробіому ґрунту [2; 28; 34]. Воєнна агресія росії не лише руйнує житлову та критичну інфраструктуру, а й формує довготривалі обмеження для використання природно-ресурсного потенціалу. Уламки техніки, фрагменти боєприпасів і залишки паливно-мастильних матеріалів створюють багатокомпонентне забруднення, що спричиняє локальні й регіональні втрати ґрунтових ресурсів (рис. 3.7).



Рисунок 3.7 – Вплив піролізу резервуара Т72Б3 на фітотоксичність ґрунту

Внаслідок воєнних дій в Україні ґрунти зазнають комплексної деградації механічного, фізичного та хімічного характеру [2]. Вибухи, займання військової техніки та забруднення важкими металами змінюють гранулометричний склад ґрунтів (зростає частка піску, зменшується частка глини) та призводять до перевищення санітарних нормативів Pb, Zn і Cd (табл. 3.9).

Таблиця 3.9 – Концентрації важких металів у досліджуваному ґрунті,
мг/кг⁻¹

Зразки ґрунту	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Контроль 1 (для Т72В3)	0,44	0,01	0,86	0,01	1	13,64	0,65	0,8	0,02
Фрагменти Т72В3 (внизу)	5,95	0,87	1,74	13,13	151,08	132,29	1,76	233,22	170,43
Т72В3 (корма)	0,35	0,38	4,01	0,19	10,47	234,68	0,19	4,46	12,11
Контроль 2 (для Т80)	1,1	1,26	0,5	0,53	3,77	26,12	1,43	4,76	1,63
Фрагменти Т80 (внизу)	1,65	1,76	3,91	1,09	5,28	24,4	3,03	472,89	14,25
Контроль 3 (ТОС-1 «Солнцепек»)	0,15	0,59	0,17	0,57	1,5	12,52	0,65	0,08	0,27
Фрагменти ТОС-1 «Солнцепек»	0,22	4,88	0,31	0,74	31,31	142,3	0,9	4,35	33,34
ГДК	0,7	5	6	6	–	140	4	6	23

Структура ґрунтового мікробіому також зазнає значних змін: збільшується частка міцеліальних організмів, зменшується активність мікробіологічних процесів і біомаса ґрунтових мікроорганізмів, підвищується токсичність ґрунту. Вибухи та піроліз техніки негативно впливають на мезобіоту та рослинні угруповання. Найбільший техногенний ефект мають танки Т-72В3 та термобарична система ТОС-1 «Солнцепек», менший – Т-80. Дослідження демонструють зростання чисельності мікроміцетів, педотрофів та оліготрофів, що свідчить про забруднення органічними й неорганічними

токсинами та активізацію адаптаційних механізмів ґрунтових мікроорганізмів [2; 28].

Оцінка Інституту охорони ґрунтів України [2] у Київській, Житомирській, Сумській та Харківській областях зафіксувала перевищення ГДК Pb, Zn, Cu, Mn, Ni та Cd, а також зміни агрохімічних показників ґрунтів (органічного вуглецю, гумусу, оксидів фосфору, калію, сірки) на ділянках детонації та горіння бронетехніки (табл. 3.10).

Таблиця 3.10 – Агрохімічні показники ґрунту в зонах підриву та горіння важкої бронетехніки

Зразки ґрунту	pH	Органічний вуглець (%)	Гумус (%)	P ₂ O ₅ (мг/кг)	K ₂ O (мг/кг)	S (мг/кг)
Контроль 1 (для Т72В3)	7,19	4,34	2,52	24,27	171,11	0,5
Фрагменти Т72В3 (внизу)	7,00	4,70	2,73	18,09	337,4	14,17
Т72В3 (корма)	6,46	5,06	2,94	55,88	301,25	32,5
Контроль 2 (для Т80)	7,14	4,70	2,73	41,45	277,15	2,83
Фрагменти Т80 (внизу)	7,47	4,29	2,49	24,5	180,75	158,46
Контроль 3 (ТОС-1 «Солнцепек»)	8,07	3,86	2,24	19,01	207,26	3,41
Фрагменти ТОС-1 «Солнцепек»	7,46	14,27	8,28	45,11	277,15	56,18

Воєнні дії супроводжуються інтенсивним застосуванням різних видів озброєння та військової техніки, що створює значне техногенне навантаження на ґрунтовий покрив. Майже всі типи бойових впливів призводять до механічного, фізичного та хімічного забруднення ґрунтів.

Хімічне забруднення зумовлене продуктами горіння пороху і вибухових речовин, вихлопами двигунів, мастильними матеріалами та нафтопродуктами. Продукти вибухів потрапляють у ґрунт разом із важкими металами та органічними токсинами, що поширюються у ґрунті та поверхневих водах, підсилюючи токсичний вплив на екосистеми (табл. 3.11).

Таблиця 3.11 – Порівняльний аналіз вмісту важких металів та інших хімічних забруднювачів у ґрунтах зон, що зазнали та не зазнали впливу бойових дій, мг/кг

Показники	К-ть пар точок	Точки поза зоною впливу бойових дій			Точки у зоні впливу бойових дій			ГДК
		мін.	серед.	макс.	мін.	серед.	макс.	
Залізо загальне	10	2200	3178	3982	2618	3104	3929	–
Марганець	10	101,1	321,5	428,7	170,9	276,4	429,0	1500
Хром загальний	10	32,14	98,10	157,8	36,45	77,32	246,7	100
Нікель	10	38,59	75,40	192,8	33,17	68,90	114,2	80
Цинк	10	17,52	43,41	97,09	31,26	44,03	88,54	20
Свинець	10	0	10,45	32,41	0	13,33	71,57	30
Мідь	10	2,900	7,965	10,94	6,060	8,025	11,98	55
Кадмій	10	0,51	0,54	0,62	0,50	0,59	0,70	0,5
Стронцій	10	0,20	0,20	21,9	0,20	5,63	25,6	–
Ртуть	10	0,006	0,325	0,800	0,006	0,525	2,05	2,1
Титан	10	548,3	1078	1978	794,6	119	1690	–
Ванадій	10	28,96	73,93	117,3	56,94	92,29	122,0	150
Нафтопродукти	7	10	50	2270	0	40	110	–
Сірка	2	4,74	-	21,15	16,19	–	22,33	–
γ-випромінювання, мкР/год	10	9	10,5	11	9	11,5	13	30**

Примітки: * Значення округлені до чотирьох значущих цифр, як середній показник використана величина медіани.

** Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97).

Бойові дії створюють імпульсне точкове забруднення, проте його наслідки тривають тривалий час через порушення структури ґрунту та проникнення токсичних речовин у водні шари [32]. Міграція забруднювачів залежить від колоїдно-дисперсної структури ґрунту, гранулометрії, мінералогії, вмісту гумусу, окисно-відновних та кислотно-лужних умов, а також від фізичних і біотичних процесів (розчинення, адсорбція, фотоліз, гідроліз, біодеградація).

Хімічний вплив військових дій проявляється у зміні фізико-хімічних властивостей ґрунту внаслідок потрапляння забруднюючих речовин, що утворюються під час застосування озброєння та військової техніки (рис. 3.8).



Рисунок 3.8 – Забруднення ґрунту паливно-мастильними матеріалами,
Харківська область

Тривала військова активність формує локальні воєнно-техногенні геохімічні аномалії з комплексом вибухових, токсичних та радіоактивних речовин, що обмежує використання земель на невизначений термін.

Основні джерела хімічного забруднення включають: пальне та мастильні матеріали транспортних засобів, органічні розчинники, відходи гальванічного виробництва, залишки вибухових речовин, дезактиваційні хімікати, важкі метали та їхні сполуки, радіонукліди. Під час вибухів і стрільб

утворюються токсичні гази та тверді продукти, такі як азот, сажа, свинець, двоокис марганцю та вуглеводні, які осідають на ґрунт та накопичуються у ньому. Наприклад, вибух одного 115 мм осколково-фугасного снаряда з гексогеном утворює близько 4000 л газів, з яких до 70 % осідає на ґрунт [32].

Вибухові речовини також сприяють надходженню металів у ґрунт, зокрема свинцю (Pb) та міді (Cu), що походять з боєприпасів та частин озброєння. На місцях зберігання та обслуговування військової техніки ґрунти забруднюються нафтопродуктами, антифризами та мастильними матеріалами, що знижує їхню біологічну активність і здатність до самовідновлення.

Забруднення вуглеводнями включає нафту, нафтопродукти та їхні похідні (парафіни, нафтени, ароматичні та поліциклічні вуглеводні, бензол, толуол), а також хлорвуглеводневі сполуки, що є складовими ракетного пального та органічних розчинників. Внаслідок цього порушується ґрунтове середовище, блокуються потоки повітря та води, що негативно впливає на кореневу систему рослин і ґрунтову мікробіоту.

Використання білого фосфору у запальних боєприпасах довгостроково знижує продуктивність ґрунтів, хоча з часом фосфор може накопичуватися у вигляді апатиту або Fe^- та Al^- фосфатів. Крім того, у ґрунтове середовище потрапляють інші ксенобіотики – поверхнево-активні речовини, синтетичні феноли, ціаніди, діоксини та радіонукліди, що чинять тривалий токсичний вплив на ґрунтові організми та рослини [23].

Фізико-хімічні властивості ґрунту (рН, гранулометричний склад, вміст органічної речовини, буферна здатність) визначають біодоступність елементів і ступінь їх транслокації. Міграція забруднювачів у ґрунті та їх перенесення в системі «ґрунт–рослина–людина» відображає комплексний вплив фізико-хімічних, біологічних та ландшафтно-геохімічних чинників, а також специфіку самих забруднювачів і рослин.

Фізичний вплив включає локальні температурні зміни, акустичне та вібраційне навантаження вибухів і роботи двигунів, а також світлові ефекти пострілів, що деформують пористу структуру ґрунту.

Механічне забруднення ґрунтів проявляється наявністю уламків снарядів, гільз, мастильних матеріалів і пакувальних відходів, а також ерозійними процесами від вибухів і руху техніки. Воно призводить до ущільнення, руйнування структури та утворення тріщин, порушує водний баланс, сприяє водній і вітровій ерозії та знижує родючість земель.

Ущільнення ґрунту проходить у кілька етапів: руйнування структури, перехід водонасичених ґрунтів у текучий стан та повторне ущільнення. Рух важкої техніки формує колії, локальне перезволоження та дефляційні зони, а вибухи створюють кратери, змішують генетичні горизонти та порушують повітряно-водний режим (рис. 3.9).



Рисунок 3.9 – Приповерхневі фортифікаційні споруди – траншеї:
а) поблизу м. Київ; б) поблизу м. Тростянець Сумської області

Ступінь ущільнення залежить від вологості, гранулометричного складу та повторності навантажень, максимум щільності спостерігається у приповерхневих шарах та на глибинах 20–25 см. Для стабілізації ґрунту застосовують обробку вапном, бітумом або цементом, що підвищує несучу здатність.

Штучне затоплення територій або формування кратерів під час бомбардувань є прикладами навмисного впливу на рельєф, що змінює мікрорельєф і формує специфічні поствоєнні ландшафти. Дно кратерів та воронок стає осередком накопичення води та органічної речовини, формуючи умови для розвитку гідрофільної рослинності і нового педогенезу, хоча при високому рівні ґрунтових вод розвиток ґрунту та вегетація сповільнюються (рис. 3.10).



Рисунок 3.10 – Кратер, утворений артилерійським бомбардуванням боєприпасом калібру 122 мм. Середино-Будська громада, Сумська область



Рисунок 3.11 – Кратер, утворений фосфорним бомбардуванням, Вільнянська територіальна громада, Запорізька область.

Особливо небезпечним для довкілля є застосування фосфорних боєприпасів [6]. Температура горіння білого фосфору сягає близько 800 °С, що зумовлює інтенсивне перепалювання ґрунту, формування блокової структури, глибоку тріщинуватість у сухому стані та появу зливної структури (рис. 3.11).

У низці регіонів України – на Харківщині, Донбасі, Сумщині та Херсонщині – зафіксовано використання боєприпасів на основі білого фосфору, заборонених додатковими протоколами 1977 р. до Женевської конвенції. Їх застосування створює серйозні ризики як для природних екосистем, так і для здоров'я населення, оскільки продукти горіння фосфору є токсичними та можуть спричиняти гострі ураження організму. Висока реакційна здатність фосфору, навіть у невеликих кількостях, робить його потрапляння у біологічні системи вкрай небезпечним, що підкреслює

необхідність міжнародного контролю й заборони використання таких боєприпасів [6; 32].

Воєнні дії в Україні спричинили масштабну деградацію ґрунтів через механічні, фізичні, хімічні та біологічні порушення. Їх подолання потребує координації урядових структур, наукових установ, екологічних організацій та міжнародної спільноти. Аналіз впливу війни підкреслює необхідність відновлювальних заходів і проактивних стратегій для запобігання подальшій деградації довкілля.

3.4 Відновлення та рекультивация земель, деградованих унаслідок повномасштабної війни в Україні

Повномасштабна війна спричинила масштабну деградацію природного середовища України, що охоплює руйнування ландшафтів, втрату біорізноманіття, хімічне та фізичне забруднення ґрунтів, погіршення якості водних ресурсів і стану атмосферного повітря. Екологічні наслідки активних бойових дій проявляються у довготривалих змінах функціонування природних систем, а їх реабілітація потребує комплексних, міждисциплінарних і науково обґрунтованих підходів. Відбудова екосистем не може обмежуватися поверненням до довоєнного стану – стратегічною метою є формування нової, стійкої та екологічно збалансованої системи природокористування.

Основою довготривалої екологічної реабілітації є трансформація екологічної свідомості суспільства, що передбачає подолання уявлення про невичерпність природних ресурсів та формування культури відповідального природокористування. У цьому контексті важливо інтегрувати принципи сталого розвитку в усі напрями державної політики.

Другим ключовим елементом є реалізація концепції «зеленого» відновлення, яка включає екологізацію економічних секторів, модернізацію технологій, підвищення енергоефективності та залучення громадськості до ухвалення екологічно значущих рішень.

Третім принципом є інноваційність: упровадження сучасних систем очищення, екологічно безпечних матеріалів, фільтраційних технологій та відновлюваних джерел енергії в процесах відбудови інфраструктури.

Четвертий принцип полягає у науковому забезпеченні відновлювальних процесів, що вимагає міждисциплінарних досліджень, екотоксикологічного аналізу наслідків бойових дій і створення методик стабілізації деградованих екосистем.

П'ятий принцип – відкритість екологічної інформації, необхідна для підвищення рівня екологічної культури, прозорості управління та ефективної участі громадян у природоохоронній діяльності.

Рекультивація земель, що зазнали техногенного чи воєнного забруднення, є ключовою передумовою відновлення екологічної стійкості агроландшафтів та їх включення у подальший сільськогосподарський обіг. Комплексний підхід до рекультивації передбачає поєднання технічних, біологічних, агротехнологічних і меліоративних заходів, спрямованих на стабілізацію екотоксикантів, відновлення структури ґрунту та його продуктивного потенціалу.

Технічна рекультивація полягає у механічному відновленні порушених земель та створенні умов для формування нового родючого шару. До її основних елементів належать планування рельєфу, ізоляція сильно забруднених шарів, нанесення родючої ґрунтової маси, а також укріплення поверхні для попередження ерозійних процесів.

Біологічний етап рекультивації спрямований на відновлення природних ґрунтотворних процесів. Він включає висів багаторічних трав, застосування органічних добрив, біопрепаратів, мікоризних грибів, фіторе mediaційних культур та інших заходів, що підвищують біогенність і родючість ґрунтів. Для узагальнення основних підходів до рекультивації та їх екологічних ефектів у роботі наведено у таблиці 3.12, яка структуровано демонструє відмінності між технічними, біологічними, агротехнологічними, хімічними та цифровими методами відновлення земель.

Таблиця 3.12 – Основні напрями рекультивації земель та їх екологічні ефекти

Напрямок рекультивації	Зміст заходів	Екологічний ефект / Очікуваний результат
Технічна рекультивація	Планування рельєфу. Ізоляція забруднених горизонтів. Нанесення родючого шару. Укріплення поверхні.	Зменшення міграції токсикантів. Стабілізація території для подальших робіт.
Біологічна рекультивація	Висів багаторічних трав. Внесення органічних добрив. Відновлення мікробіоти. Застосування біодобрив і мікоризи	Підвищення гумусного стану. Активізація ґрунтової біоти. Формування стійкої родючості
Фіторе mediaція	Вирощування культур-аккумуляторів важких металів. Використання сидератів.	Зниження концентрації токсикантів. Покращення структури ґрунту
Хімічна меліорація	Вапнування, доломітування. Внесення цеолітів, бентоніту. Застосування біовугілля (biochar)	Зменшення рухомості важких металів. Підвищення рН. Стабілізація органічних забруднювачів
Агротехнічні заходи	Глибоке розпушування. Оптимізація сівозміни. Раціональне удобрення	Покращення водного режиму. Зниження ерозії. Підвищення продуктивності
Цифровий моніторинг	GIS-картографування. Супутниковий контроль. Сенсори забруднення	Точне виділення зон ризику. Оптимізація меліорантів. Підвищення ефективності планування

Рекультивация земель не є одномоментним технологічним рішенням, а комплексом взаємопов'язаних заходів, ефективність яких залежить від коректного поєднання технічних та біологічних методів. Застосування фітореMediaції, хімічної меліорації й сучасних цифрових інструментів моніторингу сприяє зменшенню екологічних ризиків, відновленню екосистемних функцій ґрунтів та підвищенню їхньої придатності для подальшого сільськогосподарського використання.

Особливо складною є ситуація в східних областях, де масштабність екологічної деструкції перевищує можливості локальних програм. Управління такими територіями потребує: розроблення зональних планів рекультивации; відновлення порушених водно-болотних систем; консервації окремих ділянок із критичним забрудненням; створення наукових полігонів для відпрацювання технологій реабілітації. Значну роль відіграє міжнародна підтримка, включно з програмами ЄС («LIFE») та можливими механізмами компенсації екологічних збитків [24; 40].

Таким чином, відновлення та рекультивация земель, деградованих унаслідок війни, є стратегічно важливим напрямом екологічної політики України. Цей процес вимагає інтеграції наукових досліджень, інноваційних технологій, системного моніторингу та ефективного управління природними ресурсами. Комплексний підхід, що охоплює технічну та біологічну рекультивацию, протиерозійні заходи, фітореMediaцію та екологічну модернізацию, здатний забезпечити поступове відновлення ґрунтового покриву та екосистем у цілому. Сформована система сталого природокористування стане основою екологічної безпеки й довготривалої стійкості країни.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Особливості охорони праці під час екологічних досліджень у період воєнного стану

Питання охорони праці є невід’ємною складовою організації екологічних досліджень, особливо тоді, коли вони здійснюються у складних умовах воєнного часу або на територіях із підвищеним техногенним навантаженням. Під час роботи з ґрунтами, які потенційно містять підвищені концентрації важких металів, токсичних сполук чи продуктів руйнування військової техніки, працівники можуть бути піддані хімічним, механічним і біологічним ризикам. Тому забезпечення їхньої безпеки є пріоритетним завданням.

Першочерговою вимогою є створення безпечних умов на всіх етапах дослідження: під час відбору проб, транспортування зразків, роботи в лабораторії та оформлення результатів [34].

Роботодавець зобов’язаний забезпечити дослідників сертифікованими засобами індивідуального захисту – спеціальним одягом, рукавицями, захисним взуттям, респіраторами, окулярами. Застосування засобів індивідуального захисту є обов’язковим у випадках роботи з ґрунтами, забрудненими паливно-мастильними матеріалами, важкими металами або продуктами горіння та вибуху, які властиві для територій, що зазнали бойового впливу.

Невід’ємною частиною охорони праці є систематичне проведення інструктажів – первинного, повторного, позапланового та цільового. Працівники проходять навчання правильному поведінню з небезпечними речовинами, техніці відбору проб без ризику забруднення, правилам робочої гігієни та домедичній допомозі. Важливо, щоб кожен працівник був ознайомлений з алгоритмами дій у разі виникнення небезпечної ситуації,

зокрема під час виявлення вибухонебезпечних предметів або ознак хімічного ураження [34].

Особливі вимоги висуваються до організації робіт в умовах воєнного стану. Працівники повинні бути поінформовані про порядок дій під час оголошення повітряної тривоги, мати можливість швидко припинити роботи та перейти в укриття. У районах з підвищеною небезпекою мінного забруднення необхідно дотримуватись рекомендацій ДСНС та уникати територій, що не були попередньо перевірені фахівцями.

Крім того, роботодавець зобов'язаний забезпечувати належні санітарно-гігієнічні умови, контроль технічного стану інструментів, наявність аптечок, а також своєчасне проведення профілактичних медичних оглядів. Дотримання цих вимог знижує ризики травмування і професійних захворювань та забезпечує високу якість отриманих екологічних даних. Таким чином, охорона праці є комплексом заходів, що гарантують як збереження життя і здоров'я працівників, так і достовірність результатів екологічного моніторингу [34].

4.2 Захист населення та організація дій у надзвичайних ситуаціях

Цивільний захист є важливою підсистемою національної безпеки, що охоплює превентивні, оперативні та відновлювальні заходи, спрямовані на захист населення і територій від наслідків природних, техногенних та воєнних загроз. У контексті сучасних викликів, спричинених російсько-українською війною, роль цивільного захисту значно посилилася, оскільки масштаби можливих небезпек вимагають швидкої мобілізації систем оповіщення, рятувальних служб та органів місцевого самоврядування.

Система цивільного захисту функціонує на основі чітких алгоритмів реагування. У разі подачі сигналу «Увага всім!» громадяни повинні негайно отримати офіційні інструкції через засоби масової інформації або мобільні сповіщення та діяти відповідно до них. Залежно від типу загрози може бути

рекомендовано перехід до укриття, евакуація або обмеження пересування певною територією. Наявність індивідуальної «тривожної валізи» – документів, мінімального набору медикаментів, засобів зв'язку, води та їжі – є важливим компонентом підготовки населення до НС.

Органи місцевого самоврядування відповідають за підтримання готовності укриттів, організацію місцевих систем оповіщення, забезпечення транспорту для евакуації та інформування населення про потенційні ризики. Особлива увага приділяється особам з обмеженою мобільністю, сім'ям із дітьми, літнім людям та іншим уразливим групам населення [31].

У сучасних умовах ключове значення має дотримання правил мінної безпеки. Населення повинно знати, що при виявленні підозрілого предмета заборонено наближатися, торкатися чи намагатися переміщувати такі об'єкти. Єдино правильний алгоритм дій – відзначити місце небезпеки, відійти на безпечну відстань і повідомити рятувальні служби. Поширення інформаційних матеріалів, інструктажів, навчальні заходи та рекомендації ДСНС сприяють формуванню культури безпеки серед населення.

Цивільний захист також включає заходи, спрямовані на довгострокове відновлення після надзвичайної ситуації: відновлення інфраструктури, оцінку завданих екологічних збитків, моніторинг стану довкілля, відновлення доступу до ресурсів. В умовах, коли частина територій України зазнала масштабних руйнувань та техногенного забруднення, ці завдання мають стратегічний характер.

Система цивільного захисту забезпечує комплексний підхід до збереження життя і здоров'я населення. Її ефективність залежить не лише від діяльності державних структур, а й від рівня обізнаності та дисциплінованості громадян, їхньої готовності до дій у надзвичайних ситуаціях та дотримання встановлених правил безпеки [31].

Проведений аналіз засвідчив, що питання охорони праці та цивільного захисту в умовах сучасних надзвичайних ситуацій, зокрема пов'язаних із воєнними діями та техногенними ризиками, набувають стратегічного значення

для забезпечення безпеки населення та сталості функціонування екологічних і виробничих систем. Сучасні умови вимагають посилення вимог до безпечної організації робіт, особливо тих, що здійснюються у межах екологічних досліджень, на територіях із потенційним хімічним, вибухонебезпечним чи техногенним навантаженням.

У сфері охорони праці ключову роль відіграють системність профілактичних заходів, регулярне навчання персоналу, чітке дотримання інструкцій та забезпечення працівників необхідними засобами індивідуального захисту. Організація робіт на відкритій місцевості, де можуть бути наявні залишки паливно-мастильних матеріалів, уламки боєприпасів або підвищені концентрації токсичних елементів, потребує розширених знань з хімічної, вибухової та санітарної безпеки. Дотримання цих вимог не тільки мінімізує ризики травматизму, а й гарантує достовірність результатів екологічного моніторингу та аналітичних досліджень.

Питання цивільного захисту залишаються базовим компонентом національної безпеки, адже саме ця система забезпечує своєчасне реагування на загрози, оповіщення населення, організацію евакуаційних заходів і надання першочергової допомоги постраждалим. Значно зростає роль інформаційної підготовки населення, поширення знань щодо мінної безпеки, правил поведінки під час повітряної тривоги, техногенних аварій чи екологічних інцидентів. Ефективність заходів цивільного захисту залежить не лише від ресурсів держави, а й від рівня відповідальності та обізнаності громадян, їхньої готовності оперативно реагувати на офіційні повідомлення та виконувати рекомендації служб порятунку [31].

В умовах воєнного стану охорона праці та цивільний захист виступають взаємопов'язаними системами, що доповнюють одна одну: безпечна організація польових та лабораторних досліджень ґрунту неможлива без чітко відпрацьованих протоколів дій під час надзвичайних ситуацій, тоді як заходи цивільного захисту мають ураховувати специфіку територій з техногенними й екологічними ризиками. Особливого значення набувають такі аспекти, як

здатність швидко адаптуватися до динамічних умов, координація дій між різними службами та впровадження сучасних інструментів управління ризиками.

Отже, комплексний підхід до охорони праці та цивільного захисту забезпечує не лише мінімізацію загроз для населення та дослідників, а й створює передумови для якісного виконання екологічних робіт, підтримання безпеки територій і підвищення загальної стійкості суспільства до техногенних, природних і воєнних викликів. Важливим є продовження вдосконалення нормативної бази, посилення міжвідомчої співпраці та впровадження сучасних методів управління ризиками, що дозволить ефективніше протидіяти надзвичайним ситуаціям і забезпечувати захист населення та довкілля.

ВИСНОВКИ

1. Воєнно-екологічні загрози, що виникли внаслідок повномасштабної агресії проти України, формують складну багаторівневу систему деструктивних чинників, яка охоплює фізичні, хімічні, біологічні, радіаційні та техногенні процеси. Їх систематизація є ключовою передумовою для науково обґрунтованого прогнозування наслідків і розроблення стратегій післявоєнного екологічного відновлення.

2. Встановлено, що атмосферне повітря України зазнало масштабного техногенного навантаження, обумовленого вибухами боєприпасів, пожежами, руйнуванням інфраструктури та застосуванням озброєння різного типу. Основними забруднювачами повітря є аерозольні частинки, продукти горіння нафтопродуктів і вибухових речовин, важкі метали та діоксини.

3. Найбільші обсяги викидів та економічних збитків спричинені лісовими пожежами, частка яких становить понад 635 млрд грн збитків та понад 61 млн тонн викидів шкідливих речовин. Значні одномоментні забруднення пов'язані також із знищенням великої кількості ворожої техніки, що зумовило додаткові сотні тисяч тонн викидів.

4. Доведено, що техногенне й транскордонне поширення атмосферних домішок визначає не лише безпосередні екологічні збитки, а й є суттєвим чинником вторинної деградації ґрунтів та водних ресурсів. Це актуалізує необхідність розбудови інтегрованої системи екологічного моніторингу, оцінки ризиків та впровадження комплексу заходів для відновлення якості повітря.

5. Воєнні дії спричинили всебічну деградацію водних ресурсів України, що проявляється у забрудненні поверхневих і підземних вод токсичними сполуками, зміні гідрохімічного балансу та руйнуванні гідротехнічної інфраструктури. Особливо руйнівними є наслідки підриву Каховської ГЕС, який призвів до масштабного хімічного й епідеміологічного

забруднення, погіршення якості питної води та довготривалого порушення гідрологічного режиму Півдня України. Значні збитки завдані й аграрному сектору через руйнування систем зрошення, що охопили понад 90% зрошувальних мереж у південних областях.

6. Ґрунтовий покрив зазнав значної механічної, фізико-хімічної та біологічної деградації. Встановлено формування локальних геохімічних аномалій із накопиченням важких металів, залишків вибухових речовин та нафтопродуктів, що істотно знижує родючість ґрунтів і порушує їх природні механізми самоочищення.

7. Пошкодження біотичної складової, що проявляється у зміні мікробіоти, пригніченні діяльності ґрунтових організмів та деградації фітоценозів, спричиняє подальше поглиблення екосистемних порушень і формує тривалі ризики для стійкості сільськогосподарського виробництва.

8. Хімічний та термічний вплив боєприпасів додатково посилює деградаційні процеси: вибух одного снаряда формує величезну кількість токсичних газів, значна частина яких осідає на ґрунті, тоді як застосування боєприпасів на основі фосфору викликає термічне перепалювання ґрунту та формування стійких структурних порушень.

9. На основі проведеного дослідження обґрунтовано, що стратегія рекультивації та відновлення деградованих територій має бути комплексною та інтегрувати технічні, біологічні, агротехнологічні та меліоративні методи. Запровадження цифрових систем моніторингу, використання принципів стійкого («зеленого») відновлення та орієнтація на довгострокову екологічну безпеку є необхідними умовами для формування ефективної моделі післявоєнного природокористування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Афанасьєв С. О. Вплив війни на гідроекосистеми України, підсумки першого року повномасштабного вторгнення росії (огляд). *Гідробіологічний журнал*. 2023. Т. 59, № 2 (350).
2. Бабич О. Право на безпечне довкілля у формуванні змісту регіональної екологічної політики. *Науковий журнал «Law. State. Technology»*. 2023. Вип. № 3. С. 22–27.
3. Бондар О. І., Гандзюра В. П., Матвієнко М. Г. Вплив воєнних дій та їх наслідків на довкілля України. *Екологічні науки*. 2024. Т. 1, № 1 (52). С. 7–15.
4. Бургаз М. І., Соборова О. М., Дьомін В. В. Вплив військових дій та руйнування Каховської ГЕС на сучасний стан Дніпровсько-Бузького лиману. *Сучасні проблеми раціонального використання водних біоресурсів: VI Міжнар. наук.-практ. конф., 9–10 жовт. 2024 р., м. Київ, Україна: матер. Київ, 2024.*
5. Васильченко О. Право кожного на безпечне навколишнє середовище: відголоски для тимчасово окупованих територій України. URL: http://jurnaluljuridic.in.ua/archive/2018/6/part_1/6.pdf (дата звернення: 05.04.2025).
6. Відновлення довкілля України внаслідок збройної агресії росії : Круглий стіл, м. Львів, 17 бер. 2023 р.: збірник тез доп. Львів: ЛДУБЖД, 2023. 120 с.
7. Вплив воєнних дій на довкілля в Україні та його відновлення до природного стану, 10 лист. 2022 р.: слухання у Комітеті Верховної Ради України з питань екологічної політики: матер. / ред. Овчинникова Ю. Ю. Київ: Комітет Верховної Ради України з питань екологічної політики та природокористування, 2023. 184 с.

8. Вплив російської воєнної агресії на природні ресурси України: аналіз ситуації, методологія оцінювання / Макаренко Н. А. та ін. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2022. № 4 (98).
9. Гайдук К. Ю. Зміст права на безпечне для життя і здоров'я довкілля: приватноправовий підхід. *Науковий вісник Ужгородського Національного Університету. Серія Право*. 2024. Вип. 84: частина 1. С. 235–240.
10. Гапіч Г., Онопрієнко Д., Новіцький Р. Водна безпека України: наслідки війни та погляд у майбутнє. *Вода і водоочисні технології*. 2024. № 1–2 (107–108). С. 64–69.
11. Герлянд Т. М., Дрозіч І. А., Каленський А. А., Лапа О. В. Збірник освітніх кейсів з охорони довкілля та ресурсозбереження в повоєнній аграрній галузі: практичний посібник. Київ: Інститут професійної освіти НАПН України, 2024. 187 с.
12. Гончарова О. В., Мельниченко С. Г. Екологічний стан водних об'єктів півдня України за впливу російської агресії. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2024. № 1 (15). С. 95–104.
13. Гопчак І. В., Жук В. М., Басюк Т. О. Наслідки військових дій на водні ресурси України. *Прискорення змін для подолання водної кризи в Україні: Міжнар. наук.-практ. онлайн-конф., присвячена Всесвітньому дню водних ресурсів, 22 бер. 2023 р.: збірник тез*. Київ, 2023. С. 22–23.
14. Гуцаленко Л., Марчук У., Мулик Т. Екологічні наслідки війни та їх відображення в обліковій системі. *Вісник економіки*. 2023. № 3. С. 39–54.
15. Дайджест ключових наслідків російської агресії для українського довкілля / Екозагроза: офіційний ресурс Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://ecozagroza.gov.ua> (дата звернення : 01.05.2025).
16. Долженкова О., Назаренко Д. Оцінка впливу збройної агресії росії на стан атмосферного повітря в Україні. *Challenges and Issues of Modern Science*. 2024. Vol. 3. P. 305–311.

17. Драган Л. П., Михайленко Н. Г., Берсан Т. О. Наслідки активних військових дій на екологічний стан ґрунтових та водних ресурсів України. *Сучасні проблеми раціонального використання водних біоресурсів: IV Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 26-27 груд. 2022 р.: збірник матер.* Київ: ПРО ФОРМАТ, 2022.
18. Драган Л., Михайленко Н., Берсан Т. Фактичний та віщувальний екологічний стан навколишнього середовища після руйнації Каховської ГЕС. *Екологічна і біологічна безпека в умовах війни: реалії України: наук.-практ. конф., Україна, Київ, 19-20 лип. 2023 р.: збірник матер.* Київ, 2023.
19. ЕкоЗагроза. Завдані збитки. Атмосферне повітря. *Офіційний ресурс Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України.* 2024. URL: <https://ecozagroza.gov.ua/damage/air> (дата звернення: 05.05.2025).
20. Екологічна шкода водним ресурсам України внаслідок воєнної агресії росії / Землянська О. В. та ін. *Наукові записки Львівського університету бізнесу та права.* 2023. Вип. 36. С. 4–13.
21. Єсіпова Н. Б., Шарамок Т. С., Замалін Б. Ю. Ризики впливу воєнних дій на водні екосистеми. *Сучасні проблеми раціонального використання водних біоресурсів IV Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 26-27 груд. 2022 р.: збірник матер.* Київ : ПРО ФОРМАТ, 2022.
22. Звіт про результати аналізу поточного стану щодо оцінки соціально-економічних втрат у сфері сільського господарства затв. Рішенням Рахункової палати від 25.07.2023 № 15–2. Київ, 2023. 84 с.
23. Іванова Н. О. Відновлення мостових переїздів, що постраждали від воєнних дій, як фактор впливу на гідроекосистему р. Ірпінь. *Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем : VI наук.-практ. конф. молодих вчених, Київ, 10-11 жовт. 2023 р. зб. наук. праць.* Київ Інститут гідробіології НАН України, 2023.
24. Камінський В. Ф., Ткаченко М. А., Коломієць Л. П. та інші. *Методичні рекомендації щодо відновлення земель сільськогосподарського призначення, порушених внаслідок воєнних дій.* Київ ННЦ «ІАЕ», 2023. 84 с.

25. Кірейцева Г., Циганенко-Дзюбенко І., Замула І., Демчук Л. Аналіз стану та моніторинг поверхневих водних об'єктів Чернігівської області. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2024. Вип. 1 (144). С. 84–91.
26. Клименок І. Огляд втрат рибного господарства за час війни. *Liga.net*. 2023. URL <https://blog.liga.net/user/iklymenok/article/50479> (дата звернення: 01.06.2025).
27. Консультаційна діяльність суб'єктам господарювання в умовах надзвичайних викликів / Вдовенко Н. М. та ін. *Новітні інструменти формування сукупної пропозиції на рибу та інші водні біоресурси в умовах воєнного стану : III Міжнар. наук.-практ. семінар : збірник тез*. Київ: НУБіП України, 2022.
28. Корольова В. В. Право на безпечне для життя і здоров'я довкілля в системі особистих немайнових прав фізичної особи. *Legal Bulletin*. 2022. №м3. С. 37–41.
29. Купінець Л. Комплексний підхід до оцінки збитків внаслідок руйнування Каховської ГЕС. *Екологічна і біологічна безпека в умовах війни: реалії України : наук.-практ. конф., Україна, Київ, 19–20 лип. 2023 р.: збірник матер*. Київ, 2023.
30. Курепін В. М., Лотарева Д. В. Екологічні наслідки бойових дій у південних областях України. *Захист водних ресурсів – глобальні виклики, загрози опустелювання територій, міжнародні зобов'язання держав світу : тези доповідей здобувачів вищої освіти та інших учасників освітнього процесу за результатами проведеного тематичного «круглого столу» на обліково-фінансовому факультеті, м. Миколаїв, 22 берез. 2023*. Миколаїв : МНАУ, 2023. С. 37–40.
31. Левчук К.О., Романюк Р.Я., Толлок А.О. Цивільний захист: навчальний посібник. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2016. 325 с.

32. Мацера О. Вплив воєнних дій на стан ґрунтів в Україні. *Агробізнес сьогодні*. URL: <https://agro-business.com.ua/zberezhennia-hruntu/item/31567-vplyv-voiennykh-dii-na-stan-gruntiv-v-ukraini.html> (дата звернення: 05.04.2025).
33. Михальчишина Л. Г. Наслідки від воєнного стану для водної безпеки України. *Новітні інструменти формування сукупної пропозиції на рибу та інші водні біоресурси в умовах воєнного стану: III Міжнар. наук.-практ. семінар : збірник тез*. Київ : НУБіП України, 2022.
34. Москальова В.М., Батлук В.А., Кусковець С.Л., Филипчук В.Л. Охорона праці (питання та відповіді): довідник. Львів: «Магнолія 2006», 2011. 438 с.
35. Мурин С. С., Мельник-Шамрай В. В. Вплив військової агресії на стан природоохоронних територій. *Сучасні проблеми екології: тези доп. Учасників XVIII Всеукраїн. наук. on-line конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених з міжнародною участю, м. Житомир, 6 жовт. 2022 р.* Житомир : Житомирська політехніка. С. 11–12.
36. Нейтер Р., Зоря С., Муляр О. *Збитки, втрати та потреби сільського господарства через повномасштабне вторгнення*. [Б. м.]: Центр досліджень продовольства та землекористування Київської школи економіки KSE Agrocenter, 2024. 32 с. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/02/RDNA3_ukr.pdf (дата звернення : 01.05.2025).
37. Огляд року війни для водних ресурсів України. *Екологія. Право. Людина*. 2023. URL: <https://epl.org.ua/announces/oglyad-roku-vijny-dlya-vodnyh-resursiv-ukrayiny/> (дата звернення : 01.05.2025).
38. Пацева І. Г., Алпатова О. М., Демчук Л. І., Кірейцева Г. В., Левицький В.Г. Сучасний стан навколишнього природного середовища в умовах впливу війни. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. 2022. Вип. 4 (43). С. 19–22.
39. Про затвердження Методики визначення розміру шкоди завданої землі, ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану: наказ Міністерства захисту довкілля та

природних ресурсів України від 04.04.2022 р. № 167. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0406-22#Text> (дата звернення: 11.08.2025).

40. Про затвердження Методики визначення шкоди та збитків, завданих територіям та об'єктам природно-заповідного фонду внаслідок збройної агресії російської федерації : наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 13.10.2022 р. № 424. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1416-22#Text> (дата звернення: 11.08.2025).

41. Про затвердження Методики розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди: наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 13.04.2022 р. № 175. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0433-22#Text> (дата звернення: 11.08.2025).

42. Російська агресія і шкода довкіллю: вчені розробляють методики, які допоможуть оцінити збитки від війни і отримати компенсацію. *Світ*. 2024. 8 січня. URL: <https://svit.kpi.ua/2024/01/08/російська-агресія-і-шкода-довкіллю-вч> (дата звернення : 11.06.2025).

43. Саламаха І., Жиліщич Ю., Германович О. Екологічна оцінка впливу військової діяльності на екосистеми України. Збалансоване природокористування: традиції, перспективи та інновації. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 15 травня 2025 р.). К.: ДІА, 2025. Частина 2. С. 133–134.