

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ
ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
ГЕОГРАФІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ФІЗИЧНОЇ ГЕОГРАФІЇ ТА ГЕОЕКОЛОГІЇ

На правах рукопису

УДК: 504.5(477.4):355.4+574

ГЕОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА НАСЛІДКІВ ВЕДЕННЯ ВОЄННИХ ДІЙ (НА
ПРИКЛАДІ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

Geocological Assessment of the Consequences of Military Actions (A Case
Study of the Chernihiv Region)

Галузь знань: 10 – природничі науки

Спеціальність: 106 – географія

Освітня програма: Транскордонне природоохоронне співробітництво

Магістерська робота

Студентки 2-го курсу

ОР Магістр

Терес Катерини Володимирівни

Науковий керівник:

доцент кафедри географії України,

кандидат географічних наук

Корогода Наталія Петрівна

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1.ОСНОВИ ПРОВЕДЕННЯ ГЕОЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ	5
1.1. Особливості території дослідження	5
1.2. Основні види впливу воєнних дій на компоненти ландшафту	14
1.3. Основні методи, що використовуються для геоекологічної оцінки наслідків впливу воєнних дій	24
РОЗДІЛ 2.ОЦІНКА НАСЛІДКІВ ВЕДЕННЯ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ ДЛЯ ОСНОВНИХ КОМПОНЕНТІВ ЛАНДШАФТУ	27
2.1. Оцінка стану атмосферного повітря	27
2.2. Оцінка стану поверхневих вод	32
2.3. Оцінка стану ґрунтового покриву	37
2.4. Оцінка впливу на біорізноманіття	41
2.5. Оцінка динаміки утворення відходів воєнних дій та їх впливу на компоненти ландшафту	46
РОЗДІЛ 3.ШЛЯХИ ПОВОЄННОГО «ЗЕЛЕНОГО» ВІДНОВЛЕННЯ ЛАНДШАФТІВ	51
3.1. Міжнародний досвід використання екотехнологій для відновлення деградованих ландшафтів	52
3.1.1. Світовий досвід управління відходами руйнувань	56
3.2. Шляхи повоєнної оптимізації природного середовища	59
3.3. Прогноз вартості відновлення ландшафтних комплексів	64
ВИСНОВКИ	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	75

ВСТУП

Актуальність теми: повномасштабне вторгнення Росії в Україну протягом 2022-2025 років завдало безпрецедентної шкоди природним та антропогенним ландшафтам, що призвело до масштабної деградації навколишнього середовища. Чернігівська область, що має сухопутний кордон з країною-агресором, зазнала інтенсивного ураження ґрунтового покриву, водних об'єктів, різноманіття флори та фауни. У цьому контексті комплексна геоекологічна оцінка є необхідним етапом для визначення реальних наслідків ведення воєнних дій.

Часткова окупація територій, ведення активних бойових дій, та систематичні обстріли прикордонних територіальних громад спровокували комплексну деградацію екосистем в межах області. Масштабні порушення середовищ існування, механічне порушення і забруднення ґрунтів, водних об'єктів, атмосферного повітря, а також порушення екологічних зв'язків призвело до втрати біорізноманіття і низки екосистемних послуг.

Оскільки Чернігівщина є ареалом поширення великої кількості рідкісних та охоронюваних видів, задля збереження яких в її межах сформовано 681 об'єкт природно-заповідного фонду [53] – це актуалізує потребу комплексної оцінки впливу воєнних дій на довкілля регіону, через створення прямої загрози існування видів і цілісності мережі природоохоронних територій.

Військові операції та присутність військової техніки й підрозділів не лише завдали безпосередньої фізичної шкоди довкіллю Чернігівщини, але й перешкоджали можливості моніторингу та оперативного реагування на зміни в навколишньому середовищі.

Отже, дане дослідження є відповіддю на нагальну потребу в науково обґрунтованих підходах до встановлення механізмів деградації різних ландшафтних комплексів та масштабів заподіяної шкоди довкіллю Чернігівщини. Воно слугує важливим кроком для забезпечення довготривалої екологічної безпеки, відновлення природних ландшафтних комплексів на

регіональному та національному рівнях, а також сталого управління регіонами, що зазнали уражень навколишнього середовища.

відновлення природних ландшафтних комплексів на регіональному та національному рівнях,

Мета дослідження: полягає в оцінці екологічних наслідків воєнних дій на ландшафтні комплекси Чернігівської області. Вивчення міжнародного досвіду та розробка практичних рекомендацій, щодо процесу екологічного відновлення та сталого управління ландшафтами.

Об'єкт дослідження: територія Чернігівської області та вплив спричинений веденням військових дій на основні форми деградації ландшафтних комплексів.

Предмет дослідження: особливості впливу та територіальний розподіл наслідків ведення воєнних дій в межах області.

Завдання дослідження:

1. Вивчити загальні особливості компонентів ландшафтів Чернігівської області.

2. Визначити основні фактори впливу ведення воєнних дій на компоненти ландшафту.

3. Проаналізувати інтенсивність деградації та територіальну диференціацію порушень функцій екосистем у межах області.

4. Узагальнити міжнародний досвід екологічного відновлення ландшафтів та запропонувати можливі шляхи оптимізації природного середовища зважаючи на особливості території дослідження.

Для виконання дослідження були застосовані такі методи географічних досліджень: описовий, порівняльно-географічний, літературний, історичний та картографічний. Кваліфікаційна робота складається з 3 розділів, 11 підрозділів та 1 підпункту. Матеріали містять 5 рисунки (карти), 4 таблиці. Для написання роботи було опрацьовано 66 джерел інформації, зокрема наукові статті, директиви ЄС, звітні матеріали міністерств та державних інспекцій. Дослідження викладено на 84 сторінках.

1. ОСНОВИ ПРОВЕДЕННЯ ГЕОЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ

1.1. Особливості території дослідження

Воєнні дії в Україні мали руйнівний вплив на довкілля. Вони призвели до потрапляння в навколишнє середовище небезпечних речовин і токсичних хімікатів, що призвели до забруднення водних об'єктів, ґрунтів і атмосферного повітря, створюючи загрозу для здоров'ю людей та екосистем. Це призвело до широкомасштабної деградації довкілля та виснаження природних ресурсів, а також порушило рівновагу популяцій дикої природи та екосистем.

Що робить цю війну особливою, так це широкомасштабна деградація природних середовищ існування та ресурсів, що призводить до порушення, а подекуди й втрати ключових екосистемних послуг ландшафтів.

Чернігівська область – історико-географічна область на півночі Лівобережжя України, що межує з Російською Федерацією на північному сході та Республікою Білорусь на північному заході. Сукупна протяжність державного кордону з країнами-агресорами 457,7 км (225,09 км державного кордону з РФ та 232,61 км державного кордону з РБ).

Загальна площа області – 31 903 км², що визначає її як третю за величиною область України, котра займає 5,3% від загальної площі країни. Протяжність території із заходу на схід складає 180 км, з півночі на південь – 220 км.

Чернігівська область загалом являє собою легко хвилясту рівнину, охоплюючи північну частину Придніпровської низовини, яка є дещо заболоченою рівниною, що нахилиється з північного сходу (висота над рівнем моря 200–220 м) на південний захід (висота над рівнем моря 120–150 м). Крайня північно-східна частина області знаходиться на Середньоруській височині.

Чернігівщина знаходиться у межах двох фізико-географічних зон – Полісся та Лісостепу, що формує своєрідність її ландшафтів. На території превалюють ерозійно–акумулятивні форми рельєфу, як-от річкові долини, балки та яри у комплексі з акумулятивними формами – льодовиковими і водно–льодовиковими валами та зандровими рівнинами. Виняток становлять території, що є сильно

еродованими, передусім Придеснянське плато (західні відроги Середньоруської височини), множинні лесові острови на півночі та південному–сході Чернігівської області, так само як і болота та знижені гідроморфні території давніх річкових та прохідних долинних комплексів. Перехідні області крейдового плато та ерозійні краєвиди поширені в лісостеповій зоні, та на південному сході Новгород-Сіверського Полісся. Дана рельєфна смуга є перехідною зоною до Середньоруської височини.

Відповідно до ландшафтних особливостей територію області можна поділити на 4 фізико-географічні області, а саме:

- Чернігівське Полісся, що включає орієнтовно 13 тис.км² північно-західних територій області зі слабохвилястою піщаною рівниною, що має морено-льодовикове походження. Значні пониження рельєфу, зокрема палеорічкові та прохідні долини, досить заболочені.
- Новгород-Сіверське Полісся – охоплює площу в 5,5 тис.км² на північному заході. Основу цієї території утворює Придеснянське лесове плато зі значною кількістю глибоких ярів, що проникають до корінних крейдяних порід. Також наявні карстові заглибини.
- Південну частину області, близько 7,3 тис.км² охоплюють слабохвилясті рівнинні ландшафти (Дніпровські тераси) з великою кількістю лощин, западин та балок.
- Південно-східна частина області є лесовою рівниною (Полтавське плато) для якої притаманна глибока розчленованість ярами, балками та річковими долинами.

Гідрографічна мережа Чернігівщини сформована в межах басейну річки Дніпро, що тече вздовж західної межі області, суббасейнах Верхнього Дніпра та Десни. Загальна довжина річкової мережі області становить 5799,8 км, з яких 657,6 км – великі річки, 767,4 км – середні та 4374,8 км- малі річки.

До великих річок, що протікають в межах області належать Дніпро та Десна, до середніх Сож, Сейм, Снов, Субідь, Удай, Остер, Супій та Трубіж, малих

рік нараховується 255, серед яких 179 мають довжину понад 10 км. Річкова мережа є добре розвиненою, із середньою густиною річок 0,24 км/км².

Річку Десна можна вважати головним водотоком області, що тече з північного сходу на південний захід. До її лівих приток належать – Сейм, Остер, Доч; до правих – Убідь, Снов, Мена, Білоус. Важливими річками також є Сож (ліва притока Дніпра), що протікає на північному заході та ріка Удай (права притока Сули), що тече на півдні.

Значна частина малих річок є маловодними, а деяким з них характерне сезонне пересихання в літній період. Часто руслові ділянки малих річок є нечітко вираженими, тому зливаються з суміжними болотами. Будівництво гребель спричинило порушення вільного стоку лівової частки малих річок області.

Річкові системи переважно мають тип живлення атмосферними опадами у поєднанні з підземними водами (талими сніговими водами – 50%, дощовими – 30%, підземними – 20%). На водоймах виражена весняна повінь, літня межінь, та підвищене стояння рівню води восени через інтенсивні дощі, а взимку внаслідок танення снігу. Під час весняних повеней вода піднімається до заплав, а річкою протікає від 40% до 80% річного річкового стоку. Деякі природні чинники впливають на формування специфічних особливостей водних ресурсів регіону, а саме зумовлюють підвищений вміст заліза та марганцю природного походження у річкових та болотних водах. Оскільки Чернігівське та Новгород-Сіверське Полісся належать до гумідної зони, підземні, поверхневі та дренажні води тут мають підвищений рівень органічних сполук гумусового походження.

Крім того, в межах області обліковується 2601 водойма, з яких – 833 озер, 19 водосховищ, 729 руслових ставків, 1012 неруслових ставків (копані, наливні) [53].

В межах області сформувалися більшість типових для поліської та лісостепової зони ґрунтів. Основу складають поліські дерново-підзолисті ґрунти супіщаного гранулометричного складу – понад 680 тис.га; сірі та темно-сірі лісові ґрунти, а також опідзолені чорноземи покривають 508 тис.га території; вилужені малогумусові чорноземи близько 270 тис.га. Лучні, болотні та

торф'яно-підзолисті ґрунти зустрічаються окремими фрагментами займаючи разом близько 840 тис.га.

Вміст гумусу в дерново-підзолистих ґрунтах варіюється від 1,16% до 1,80%, в середньому становлячи 1,40%. Для сірих лісових та дернових ґрунтів відсоток вмісту гумусу коливається від 1,31 до 2,37%. Щодо темно-сірих та опідзолених чорноземів, що в основному є легкосуглинковим та поширені здебільшого в межах Сосницького та Менського районів, вміст гумусу коливається в діапазоні від 1,52% до 3,15%.

Флористичне різноманіття області збереглося у природному стані лише на одній третині території, здебільшого на Поліссі у вигляді лісів, лучної та болотної рослинності. Зокрема лісами вкрито близько 21% території області, а саме 659,9 тис.га, до земель лісового фонду належать 740,2 тис.га території області. Попри загальну тенденцію на активне господарське освоєння нових площ, відсоток середньої лісистості території в межах області протягом останніх 20 років зріс на 0,6% і станом на 2023 рік становив 20,9%. Однак показник лісистості значно коливається в різних районах: від 36-41% в Новгород-Сіверському та Корюківському районах до 8-10% в Прилуцькому.

Основні масиви лісонасаджень займають північну частину області, правобережжя Десни. Домінуючими породами лісів області є сосна звичайна, дуб звичайний, береза повисла, осика звичайна, вільха чорна, липа серцелиста та клен звичайний. Основним ареалом поширення соснового лісу є лівобережна частина Снову на північ від міста Сновськ, а також долина Ревни, переважно в межах Новгород-Сіверського та Корюківського районів. Найпоширенішими в Чернігівській області є субори, де корінний деревостан складають сосни (25-27 метрів) та дуби (16-18 метрів). В верхньому ярусі зустрічається домішок берези та вільхи, в підліску переважають кущі ліщини, крушини та шипшини. Основні масиви суборів розташовані в межиріччі Десни та Дніпра в Чернігівському районі та межиріччі Убіді та Десни в Новгород-Сіверському та Корюківському районах.

В межах області налічується близько 900 видів судинних рослин. Численні території, здебільшого річкові заплави зайняті лучною рослинністю. Переважаючими в рослинному покриві луків є осока заяча, рання, лисяча та злакові, зокрема: тонконіг лучний, щучник, костриця та тимофіївка.

В межах численних заболочених територій, серед яких переважають трав'яні та лісові болота, домінує вологолюбна рослинність. Більш поширеними все ж є екосистеми трав'яних боліт, зокрема на північному заході (Городнянський, Ріпкинський, Чернігівський та Козелецький райони) та південному сході в заплавах річок Удай і Ромен. В рослинному покриві цієї місцевості домінують очерет, осоки, рогіз, лепешняк, тощо.

Масиви чорновільхових боліт трапляються на заплаві Сейму, на півдні Ріпкинського району, півночі Новгород-Сіверського та центральній частині Ніжинського району. Тут серед різноманіття вологолюбних трав максимального поширення набула вільха, що подекуди сягає розміру 22-24 метри.

В регіоні збереглися і реліктові види рослин, серед них: страусове перо звичайне (*Matteuccia struthiopteris*), водяний горіх плавучий (*Trapa natans* L.), плавуна щитолистий (*Nymphoides peltata*).

Різноманіття фауни Чернігівської області здебільшого зумовлене її географічним положенням в межах двох фізико-географічних регіонів Полісся і Лісостепу. Видове різноманіття налічує близько 30 тис. видів, серед яких зустрічаються типові представники лісової та степової фауни, а також акліматизовані види.

Фауністичний склад досить різниться в межах окремих природних ландшафтних комплексів. Лісові біоценози на території області зазвичай формуються в межах угруповувань, де найпоширенішою лісоутворюючою породою є Сосна звичайна (*Pinus sylvestris*), особливо на піщаних ґрунтах, в заплавних та понижених ділянках поширені також дубові ліси, де основною лісоутворюючою породою є дуб звичайний (*Quercus robur*) у поєднанні з ясенем звичайним (*Fraxinus excelsior*) та кленом звичайним (*Acer platanoides*).

Різноманіття безхребетних представлено широким рядом видів бабок (зеленотілка жовтоплямиста (*Somatochlora flavomaculata*), красуня блискуча (*Calopteryx splendens*)), метеликів (лимонниця (*Gonepteryx*), рябець звичайний (*Melitaea trivialis*)), жуків (вусач сірий кленовий (*Leiodus nebulosus*) мертвоїди (*Silphidae*)), та мурах (мураха руда лісова (*Formica rufa*)).

Орнітофауну лісових біоценозів формують представники родини кропив'янкових, дятлових, вівчарикових, тощо. Хижі птахи представлені різноманітними видами, серед яких можна зустріти: канюка звичайного (*Buteo buteo*), шуліку чорного (*Milvus migrans*), осоїда (*Pernis*) та інших.

Ссавці у лісах Чернігівщини переважно представлені видами, де особини не мають крупних розмірів: білка звичайна (*Sciurus vulgaris*), їжак європейський (*Erinaceus europaeus*), куниця лісова (*Martes martes*). Лисицю, вовка та борсука можна зустріти вкрай рідко.

Природні лучні ландшафтні комплекси більш поширені в Лісостеповій зоні Чернігівщини. Найважливішою і найчисленнішою складовою лучних біоценозів є – ентомофауна. Тут спостерігається значне різноманіття бабок, зокрема: бабка жовта (*Sympetrum flaveolum*), білоноско болотна (*Leucorrhinia pectoralis*), коромисло синє (*Aeshna cyanea*). Флористичні луки приваблюють метеликів здебільшого родини біланових (*Pieridae*) та сонцевиків (*Nymphalidae*). Серед жуків численним є представництво родини довгоносиків (*Curculionidae*), вусачів (*Cerambycidae*), турунів (*Carabidae*), сонечків (*Coccinellidae*) тощо.

Серед представників лучної орнітофауни Чернігівщини є жайворонки польові (*Alauda arvensis*) та жайворонки чубаті (*Galerida cristata*), що частіше зустрічаються на ксерофітних луках. У весняний період тут можна зустріти птахів родини баранцевих (*Scolopacidae*) – баранець звичайний, грицик великий, а також кропив'янку сіру та очеретяну вівсянку. Гідрофітні луки є типовим ареалом поширення птахів підродини крячкових (*Sterninae*) крячка білокрилого, чорного та малого.

Водно-болотні угіддя є досить поширеним типом екосистем на території Чернігівської області, де 130,3 тис.га заболочених земель. Також в межах області

знаходяться водно-болотних угіддя, що мають важливе міжнародне значення і охороняються відповідно до Рамсарської конвенції, а саме заплава річки Десна.

Іхтіофауна області налічує понад 40 видів. Більшість риб належать до ряду коропоподібних (Cypriniformes): плітка, головень, лин, пічкур, лящ, синець, карась сріблястий, чехоня, в'юн, тощо. Представниками водоплавних птахів, що гніздяться на озерах та плесах річок, є пірникоза велика (*Podiceps cristatus*) та пірникоза сірощока (*Podiceps grisegena*). Поблизу водойм гніздяться і хижі птахи наприклад, лунь очеретяний (*Circus aeruginosus*) та шуліка чорний (*Milvus migrans*). На заплавах річок зростає популяція бобрів, що іноді змінюють водні ландшафти, а також добре акліматизованим видом гризунів на території області є ондатри.

Станом на 01.01.2023 року на території Чернігівської області було зафіксовано 161 вид тварин, що охороняються в регіоні, як ті, що віднесені до Червоної книги України і 390 видів, охоронюваних відповідно до Бернської конвенції. Території області також є ареалом поширення 83 видів рослин та грибів, що підлягають особливій охороні на її території відповідно до Червоної книги України.

За кількістю заповідних об'єктів Чернігівщина займає лідируючу позицію в Україні. На території Чернігівської області сформовано 681 об'єкт природно-заповідного фонду загальною площею 263,5 тис. га, що становить 7,9% площі області. Природно-заповідний фонд області складають 8 категорій об'єктів: національні природні парки (Ічнянський і Мезинський); регіональні ландшафтні парки (Міжріччинський, Ялівщина, Ніжинський); 461 заказник; 140 пам'яток природи; 19 парків-пам'яток садово-паркового мистецтва; 53 заповідні урочища; дендропарки «Тростянець» загальнодержавного значення та «Прилуцький» місцевого значення; Менський зоопарк загальнодержавного значення [57].

Клімат Чернігівщини помірно-континентальний з достатнім рівнем вологи. Зими – з періодичними сніговими покриттями та порівняно теплі, літо – тепле з помірним рівнем вологи. Середньорічна температура атмосферного повітря становить 6-8°C, проте протягом останніх років спостерігається яскраво

виражена тенденція до підвищення середньорічної температури атмосферного повітря, переважно завдяки зимовим місяцям. Найхолоднішим місяцем року є січень, коли середня температура становить -7°C , найтеплішим – липень, коли середня температура складає $+20^{\circ}\text{C}$. Різниця середньорічної температури атмосферного повітря півночі та півдня області становить близько 1°C . Абсолютний максимум температури повітря було зафіксовано метеостанцією Семенівка у серпні 2010 року та становив $+41,1^{\circ}\text{C}$, абсолютний мінімум було зафіксовано 1987 року на метеостанції Нові Млини, він становив $-40,2^{\circ}\text{C}$.

Період з середньодобовою температурою атмосферного повітря менше 0°C триває на території області в середньому 104-119 днів за рік, період з температурою більше 0°C складає 246-261 день. Типова дата стабільного переходу середньодобової температури атмосферного повітря вище за 0°C в сторону підвищення відстежується в період з 28 лютого по 5 березня, проте на сході та північному-сході області дещо пізніше – 9-13 березня. Типова дата стабільного переходу середньодобової температури атмосферного повітря нижче 0°C відстежується 23-25 листопада, на сході та північному сході області дещо раніше – 19-21 листопада.

Стійкий сніговий покрив протягом останніх років утворюється рідко, типовим періодом його утворення для Чернігівщини є друга половина листопада та перша половина грудня. Середня висота снігового покриву становить 6-16 см. Глибина промерзання ґрунтових горизонтів значно різниться, максимальних позначок промерзання сягало на півночі та південному сході області, у найхолодніші зими з недостатнім сніговим покривом, і становило 140-150 см. Протягом останнього десятиліття ґрунти промерзають слабо, або ж не промерзають взагалі.

Середня кількість опадів, що випадають на території області, складає 594-676 мм. Найбільша кількість опадів спостерігається в червні-липні, найменша – в січні-березні. Максимум добової кількості опадів сягає 100-140 мм.

Розподіл напрямків вітрів протягом року на території області є нерівномірним. Найбільш часто спостерігаються вітри західного та південного

напрямоків. В теплий період року переважаючими є західні та північно-західні вітри, в холодний період – південно-західні і південні. Середньорічна швидкість вітру складає 3-4 м/с. Протягом року до 20 днів мають максимальну швидкість вітру близько 15 м/с і більше.

Територія області належить зоні достатнього зволоження. Середньорічна відносна вологість атмосферного повітря становить 75-80%, протягом липня-серпня цей показник дещо зменшується до 50-70%, проте взимку зростає до 80-95%. Упродовж року відстежується від 20 до 44 діб, коли показник відносної вологості повітря складає 30%, а іноді й менше.

Фізико-географічні особливості розташування області не сприяють частим надзвичайним погодним явищам. Сезонно можна спостерігати сильні вітри, хуртовини, ожеледь та тумани взимку, а влітку сильні опади, грози, град та суховії.

Отже, Чернігівська область є територією зі значним ландшафтним та біорізноманіттям, що охоплює фізико-географічні зони Полісся та Лісостепу. Помірно-континентальний клімат в її межах характеризується достатнім рівнем зволоження та виразною сезонністю. На переважаючих дерново-підзолистих ґрунтах та чорноземах зафіксовано понад 900 видів судинних рослин, серед яких 83 рідкісних або зникаючих видів. Водночас широкий спектр природних ареалів існування (від лісових масивів і степових ділянок до річкових заплав) сприяє поширенню більш ніж 30 тис. видів фауни.

1.2. Основні види впливу воєнних дій на компоненти ландшафту

Військові конфлікти були постійно присутнім аспектом людської цивілізації. Окрім досить очевидного негативного впливу на людські популяції, було задокументовано також [44, 24], що війна має значний вплив на більшість видів флори та фауни, а також на природні ареали їх існування. Ступінь впливу військових дій на екосистеми та популяції, що входять до них, повністю залежить від характеру збурення, чутливості біологічної системи (включаючи стійкість) і часових масштабів впливу. Отже, людські конфлікти можуть мати широкий спектр впливу на біорізноманіття та структуру і функції екосистем. Хоча можна припустити, що всі конфлікти переважно «негативні» в екологічному контексті, насправді наслідки війни породжують континуум результатів, що варіюються від дуже позитивних до дуже згубних.

Починаючи з 2022 року найбільша деградація природного середовища спостерігається на ділянках, де бойові дії передбачали використання великої кількості траншей та важкої техніки. Території, що зазнали найбільшого ураження бойовими діями, включають: кордони Харківської та Луганської областей уздовж лінії Куп'янськ-Сватове-Кремінна; райони вздовж річки Донець, що тягнуться від російського кордону до районів навколо Ізюма, та значні території Донецької області, що знаходяться по обидві сторони від лінії розмежування 2014 року та далі на захід до поточної лінії фронту. На півдні України найбільшу деградацію територій було помічено уздовж фронту в Запорізькій області (навколо міст Гуляйполе, Пологи, Токмак, Оріхів і Василівка), у західній частині Херсонської області, на Кінбурнському півострові та вздовж лівого берега Дніпра від Голої Пристані до Нової Каховки.

Розглянемо основні типи впливу на навколишнє середовище:

1. Фізичне руйнування компонентів ландшафту

Рух важкої техніки є невід'ємною складовою воєнних дій. Він створює значний тиск на ґрунт, ущільнюючи його шляхом скорочення пористості (особливо пор великої фракції), збільшуючи когезійні сили між ними та

зменшуючи зв'язність мережі ґрунтових пор. Тиск на ґрунт найбільший на поверхні ґрунту і зменшується з глибиною. Переміщення техніки вагою понад 3-5 тонн вже може потенційно спричинити ущільнення ґрунтів, особливо в умовах високої вологості або на м'яких ґрунтах (глинистих та торфовищах). Переміщення техніки вагою понад 10-12 тонн може суттєво впливати на структуру ґрунту, створюючи явне ущільнення, особливо на важких ґрунтах.

Вага основних об'єктів техніки та артилерії, що на даний момент найчисельніше залучені до військових операцій наведена в табл. 1.1 :

Таблиця 1.1. Вага техніки та артилерії, залученої до військових операцій

Найменування одиниці (модель)	Кількість на озброєнні	Середня вага одиниці
основний бойовий танк T-64	250	38 тонн
основний бойовий танк T-72	520	42.7 тонн
основний бойовий танк T-80	168	42.5 тонн
основний бойовий танк Leopard 2	73	62.4 тонн
бойова машина піхоти Bradley	140	27.6 тонн
бойова машина піхоти БМП-1	254	13 тонн
БМП-2	200	14 тонн
гусеничний бронетранспортер M113	510	12.3 тонн
самохідна гаубиця на колісному ходу 2С22 «Богдана»	140	28 тонн
реактивна система залпового вогню «Вільха»	40	33 тонн
реактивна система залпового вогню БМ-21 «Град»	100	13.7 тонн

Рух важкої техніки створює значний тиск на ґрунт, ущільнюючи його шляхом скорочення пористості, збільшуючи когезійні сили між ними та зменшуючи зв'язність мережі ґрунтових пор. Тиск на ґрунт найбільший на поверхні ґрунту і зменшується з глибиною.

Ці процеси впливають на чотири фізичні параметри ґрунту, які в результаті визначають розвиток рослинності та ріст коренів [12]: аерацію, температуру, проникність води та механічну стійкість до подовження коренів. Коріння рослин також може бути пошкоджене або порізане важкою технікою. Це призводить до зменшення здатності до поглинання води та поживних речовин і створює потенційні точки проникнення для шкідників або хвороботворних бактерій.

Тривалість та інтенсивність прямого та непрямого впливу важкої техніки на ґрунти залежать від кількох ситуативних факторів, таких як текстура ґрунту, вологість та вміст органічної речовини, нахил місцевості, тип і розмір транспортних засобів, тиск у шинах. Зі зменшенням вологості міцність ґрунту зростає, а потенціал ущільнення зменшується.

Варто відзначити, що ґрунт відіграє вирішальну роль у функціонуванні природних екосистемах, зосереджуючи в собі потоки поживних речовин, води та енергії, які забезпечують їх продуктивність та підтримують біорізноманіття. Проте саме ґрунти як компонент екосистеми (лісових, лучно-степових та агроекосистем) в умовах воєнних дій піддаються комплексному впливу, що включає механічне руйнування верхнього родючого шару та компактизацію ґрунту.

Вирви, утворені вибухами після бомбардувань та артилерійських ударів, призводять до миттєвих і довготривалих порушень ландшафту. Включаючи ерозію ґрунту, ущільнення та знищення рослинного покриву. Порушення шарів ґрунту може провокувати зниження родючості, перешкоджаючи природному відновленню життя рослин і змінюючи місцеву гідрологію через зміну потоку поверхневих вод.

2. Хімічне забруднення компонентів ландшафту

Військові конфлікти завжди пов'язані з випробуванням, виробництвом, транспортуванням і розміщенням зброї. На кожному з цих етапів існує потенційна можливість забруднення навколишнього середовища. Військова діяльність також може опосередковано забруднювати навколишнє середовище різними побічними продуктами та розливами, пов'язаними з військовими діями, як у випадку палива та сполук, що використовуються для підтримки роботи транспортних засобів.

Існують також ризики, пов'язані зі складовими боєприпасів: значні концентрації токсичних речовин у ракетному паливі, а також у вибухових матеріалах, таких як тротил, гексоген та октоген, можуть забруднювати ґрунти та водні горизонти та створювати довгостроковий ризик населення та біоти.

Одним із факторів, котрий так само становить небезпеку, є залишки ракетного палива від збитих ракет, які залишилися на місці падіння. Навіть просте вдихання пари рідкого ракетного палива може бути смертельно небезпечним. Хоча тверде паливо за своїм агрегатним станом є менш токсичним для навколишнього середовища, але його горіння важко припинити, а продукти згоряння такого палива небезпечні. Спалювання або утилізація твердого ракетного палива балістичного типу, що використовується в реактивних системах залпового вогню (РСЗВ) Ураган, Град та інших, супроводжується утворенням численних токсичних компонентів: CO, HCN, NO, NO² тощо. Продукти згоряння або вибуху твердого ракетного палива містять свинець у вигляді його оксиду PbO та аерозолів. Продукти згоряння електроніки, якою оснащені ракети, також токсичні [28, 47].

У сучасних бронебійних підкаліберних снарядах бронебійна частина (ядро) в основному виготовляється з виснаженого урану. Близько 70% маси виснаженого урану, що міститься в снаряд, перетворюється на аерозоль радіотоксичних оксидів урану з частинками від 0,5 до 5 мкм під час вибуху [47]. Значна кількість такого розсіювання має наслідки для земельних ресурсів: руйнування і забруднення аерозолями, котрі довгий час залишаються в повітрі, а

потім поступово осідають на поверхні і згодом мігрують у ґрунтові горизонти та підземні води.

Токсичний вміст ударно-запальних і вибухових капсул, пристроїв, призначених для підпалювання порохового заряду в вогнепальній зброї або для детонування вибухових речовин (наприклад, запал гранати), має значний вплив на навколишнє середовище. Вибухові капсули, що використовуються в боєприпасах, містять шоково-ініціаторні суміші, до складу яких входять такі компоненти: меркурій фульмінат, сульфід антимонію та калій хлорат. У запалах для гранат є різні варіанти таких сумішей з фульмінатом ртуті чи свинцевим азидом, в залежності від матеріалу корпусу капсули (алюміній або мідь). Крім того, боєприпаси містять стабілізуючі й ініціюючі речовини, зокрема свинець, олово та їх сполуки, що можуть значно забруднювати навколишнє середовище, особливо при знищенні складів боєприпасів.

Небезпеку становлять не тільки хімічні сполуки, що містяться в боєприпасах, а й наслідки їх застосування: руйнування та спалювання будівель, підприємств, об'єктів критичної інфраструктури. Оскільки основними цілями для ударів РФ є нафтобази, електростанції, комунікаційна інфраструктура та великі промислові об'єкти, пожежі та вибухи в таких місцях – це завжди небезпека для навколишнього середовища. Наприклад, внаслідок горіння електрообладнання на підприємствах в навколишнє середовище потрапляють поліхлорбіфенілами і діоксинами. Перебуваючи у воді, діоксини та поліхлорбіфеніли завдяки своїм гідрофобним властивостям адсорбуються твердими частинками та осадом у мулі водойм. Ці речовини транспортуються трофічними ланцюгами: ґрунт – рослини – тварини – людина чи водорості – планктон – риба – людина.

3. Забруднення атмосферного повітря

Забруднення атмосферного повітря під час війни є наслідком численних техногенних і природних факторів, пов'язаних із використанням бойової техніки, різних типів зброї та атаками на інфраструктуру. Через ворожі обстріли на виробництвах і складах регулярно виникають пожежі, що призводить до викиду

великої кількості горючих продуктів в атмосферу. Небезпека таких пожеж пов'язана з тим, що продукти та матеріали різного походження часто зберігаються на складах, створюючи сприятливі умови для змішування великої кількості хімічних речовин, що можуть непередбачувано впливати на навколишнє середовище.

Згідно з даними Державної екологічної інспекції України, наведеними у період від лютого до липня 2022 року, були зафіксовано численні випадки, що вплинули на стан атмосферного повітря: пошкодження промислових об'єктів, об'єктів інфраструктури — більше ніж 129 випадків; пошкодження об'єктів військової інфраструктури — більше ніж 20 випадків; удари по нафтобазах, нафтопереробних заводах, родовищах, автозаправних станціях — більше ніж 42 випадки; удари по газопроводах — більше ніж 15 випадків; пожежі в лісових масивах, на землях лісового господарства, в природних екосистемах, сільськогосподарських угіддях — більше ніж 29 випадків [50].

Вибухи також можуть спричинити вивільняти важких металів, таких як свинець і ртуть, що потрапляють в атмосферне повітря і мають тривалий вплив на здоров'я людини і навколишнє середовище. Під час детонації – надзвукової вибухової реакції, що поширює ударну хвилю через вибухівку, що супроводжується хімічною реакцією з виділенням тепла, атоми кисню поєднуються з атомами вуглецю і водню, утворюючи значну кількість газоподібних продуктів, зокрема CO_2 , CO , H_2O і N_2 . В подальшому відбувається додаткове окиснення деяких речовин в атмосфері.

Через обстріли об'єктів енергетичної інфраструктури, окрім викидів в атмосферу, безпосередньо спричинених пошкодженням енергетичних компонентів, що призводить до витоку шкідливих хімічних речовин, відбуваються аварійні та планові відключення електроенергії. В такі години для забезпечення виробничих процесів широко використовуються генератори різної потужності, які працюють на бензині або дизельному паливі. Для опалення будинків в приватному секторі зросло використання деревини і пелет в твердопаливних котлах, відомих як джерела продуктів згоряння в повітрі[47].

Військові дії також роблять вагомий внесок викидів парникових газів. Протягом 2022-2023 років обсяги та структура викидів парникових газів не лише на території України, але й за її межами була докорінно змінена саме через війну. Ці зміни були спричинені декількома факторами, зокрема завдяки біженцям та внутрішньо переміщеним особам (ВПО), що забрали свій вуглецевий слід до нових місць проживання. Глобальна реорганізація виробництва у низці галузей, де Україна посідала лідируючі позиції, приміром виробництво чавуну та сталі. Наступним фактором є диверсифікація постачання нафтопродуктів та природного газу з РФ, що в свою чергу змінило структуру споживання горючих корисних копалин. Інтенсифікація виробництва зброї у багатьох країнах та їх подальше транспортування до України, а також реалізація заходів з підвищення обороноздатності у державах, що межують із зоною конфлікту також спричинили зміни у викидах парникових газів. Ще одним фактором стало збільшення тривалості традиційних авіарейсів з Європи до країн Східної та Південно-східної Азії через закриття повітряного простору над Україною відповідно до міжнародних авіаційних правил (ICAO *International Civil Aviation Organization*) [8, 55].

Викиди парникових газів відбуваються під час стрільби (ствольна артилерія та стрілецька зброя), під час польоту до місця призначення ракет та безпілотних літальних апаратів, а також під час вибухів ракет, бомб, снарядів, гранат, дронів та мін). Викиди постійно відбуваються як на лінії зіткнення конфлікту, так і в дальньому тилу зіткнення, і величина викидів залежить від маси вибухівки та складу палива [8].

4. Забруднення водних об'єктів та руйнування водної інфраструктури

Військові операції часто відбуваються в безпосередній близькості від водотоків. Нижній Дніпро, а також Донець та його притоки (річки Оскіл, Жеребець та Бахмутка) постраждали найбільше. Річка Донець зазнала однієї з найгірших катастроф внаслідок бойових дій у травні 2022 року, коли українська армія зірвала спробу противника перетнути річку поблизу сіл Серебрянка та Білогорівка. Близько сотень танків та бронетанкових транспортних засобів були

знищені, а деякі з них залишилися в річці разом з загиблими, боєприпасами та паливом.

Серед потенційних впливів варто відзначити і витік токсичних речовин до річок та підземних водних горизонтів, що може бути результатом пошкодження інфраструктури, зокрема нафтогазових об'єктів, хімічних складів і водозабірних систем. Руйнування підприємств та пожежі в безпосередній близькості від водойм спричиняють витік токсичних сполук, таких як важкі метали (свинець, ртуть, кадмій), нафтопродуктів та хімічних речовин, що потрапляють у поверхневі води та проникають у підземні водоносні горизонти. Це спричиняє забруднення водних ресурсів органічними і неорганічними забруднювачами, що негативно впливає на водну екосистему та гідрогеохімічні процеси.

Руйнування гідротехнічних споруд під час війни порушує доступ до чистої води, провокує збільшення ризиків захворювань, що передаються через воду, і довгострокової деградації навколишнього середовища. 6 червня 2023 року російські війська підірвали ділянку греблі Каховської ГЕС. Як результат, відбулося неконтрольоване вивільнення води з водосховища, що охоплює площу понад 2100 км² та затоплено долину нижнього Дніпра. Потік призвів до забруднення річки Дніпро та Чорного моря уламками будівель, людськими відходами (на островах Дніпра були тисячі дачних ділянок без каналізаційних систем), паливом та штучними добривами та іншими хімічними речовинами, що зберігаються на складах.

Проте станом на 2024 рік Дніпро повернувся до свого русла, що призвело до відновлення природної мозаїки луків, боліт та стариць, які простягаються від острова Хортиця в Запоріжжі до околиць Нової Каховки. Найголовніше, що сухе дно водосховища почало швидко заростати корінною флорою, вербами та тополями. Через це побоювання щодо пилових бурь та вивільнення шкідливих речовин з фабрик та каналізаційних систем великих міст, які були відкладені на дні водосховища протягом останніх кількох десятиліть, виявилися безпідставними.

5. Знищення біорізноманіття

Військові дії, що на даний момент відбуваються в Україні загрожують близько 600 видам тварин і 750 видам рослин і грибів, багато з яких є рідкісними або занесені до Червоної книги України, як ті, котрим загрожує зникнення. Наприклад, кілька тисяч дельфінів були знайдені мертвими не лише в Україні, але й у територіальних водах Болгарії, Румунії та Туреччини.

Кулі та пов'язані з ними уламки (наприклад, гільзи) часто складаються з токсичних для компонентів екосистем матеріалів. Свинець, один із найбільш поширених у використанні металів для куль і гільз, має токсичні властивості, котрі є шкідливими для нервової системи численних хребетних організмів. Залишки снарядів або осколків після бою також можуть випадково бути проковтнутими багатьма видами птахів, які споживають дрібні частинки ненавмисно, або як пісок, щоб допомогти їх травленню.

Військова авіація (гвинтокрили, літаки), що зазвичай використовується у військових операціях, може спричиняти підвищення рівня шуму, як-от, звукові удари, тощо. Слухова система багатьох тварин більш чутлива, ніж людська. Таким чином, шумове забруднення, спричинене діяльністю військово-повітряних сил є значним стресовим фактором для біоти.

Першочергові наслідки можуть включати розрив барабанної перетинки, зміни слуху (тимчасові або постійні) та маскування слухового сигналу (нездатність ідентифікувати шум від жертви чи хижаків). Вторинні наслідки можуть бути пов'язані з фізіологічними впливами, які можуть призвести до перешкод у відтворенні, пошуку їжі та використанні природного середовища проживання диких тварин, які проживають у районах, де поширений шум літаків. Третинні впливи потенційно складаються з комбінації первинних і вторинних ефектів, які можуть призвести до скорочення популяції, вимирання видів і деградації середовища проживання [54].

Отож інтенсивного впливу внаслідок воєнних дій зазнають всі компоненти ландшафту. Через ущільнення ґрунтів, забруднення атмосферного повітря та водних об'єктів токсичними речовинами, що виділяються внаслідок вибухів та пожеж, значно знижується екологічна стійкість регіонів, особливо в зонах

активних бойових дій. Фізичне знищення середовищ існування, хімічне та шумове забруднення, в свою чергу, призводить до скорочення біорізноманіття, що є особливо критичним для вразливих і рідкісних видів.

1.3. Основні методи, що використовуються для геоекологічної оцінки наслідків впливу воєнних дій

Геоекологічні дослідження базуються на комплексі методів: геологічному, геохімічному, геофізичному, гідрогеологічному, геоморфологічному, геокріологічному. В результаті інтерпретації отриманих даних встановлюються явища, процеси, властивості та залежності. Вони виступають як геоекологічні фактори, тобто відображають певні аспекти взаємодії літосфери, атмосфери, гідросфери з біосферою.

Вибір методів збору та обробки даних для вагомого дослідження повинен відповідати типу, якості та кількості необхідних даних, а також фізичним і матеріально-технічним умовам території. Методи також повинні відповідати найкращим доступним науково-технічним стандартам і практикам.

Деякі з поширених методів збору даних, включаючи польові дослідження, окремі методи дистанційного зондування, відбір проб, тестування, моделювання та картографування є неможливими через ускладнений доступ до територій спричинений військовими діями. Можливими для використання методами аналізу даних складних районів є статистичний аналіз, просторовий аналіз, оцінку впливу та аналіз сценаріїв.

Якість початкових даних, а саме їх точність, достовірність та повнота впливає на кінцевий результат дослідження. Якість даних можна забезпечити шляхом застосування заходів забезпечення якості та контролю якості протягом усього процесу збору й аналізу даних. Заходи забезпечення якості включають розробку та планування збору й аналізу даних, відбір і навчання збирачів даних і аналітиків, а також перегляд і перевірку джерел і методів даних. Заходи контролю якості включають перевірку та виправлення помилок даних, невідповідностей і прогалин, а також документування та звітування про обмеження та невизначеності даних. Військові дії можуть порушити процес збору даних, оскільки зони бойових дій часто є недоступними для дослідників і груп

моніторингу, що призводить до прогалин у зборі й аналізі даних, та перешкоджає точним оцінкам впливу на навколишнє середовище.

Перешкодою для виконання більш точного дослідження є закритий доступ до ряду даних: інформація про хімічні викиди через обстріли промислових об'єктів, про місця розташування екологічно небезпечних об'єктів (сміттєзвалища, полігони відходів), про можливе хімічне або бактеріологічне забруднення води у критичних районах, точні карти екологічного стану в зонах бойових дій. Закритий доступ до цих даних обумовлений тим, що вони можуть бути використані ворогом для нанесення додаткової шкоди екології та критичній інфраструктурі України.

Проте узагальнені або несекретні дані публікуються у звітах державних установ та міжнародних організацій. В межах даного дослідження набір статичних даних став основою для моделювання ризиків для довкілля та оцінки ймовірності та інтенсивності впливу на ландшафти. Зокрема дані Чернігівської обласної військової адміністрації, на виконання листа Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від *21.02.2023 за №25/4-23/2636-23* щодо поводження з відходами, що утворилися у зв'язку з руйнуванням, в наслідок бойових дій, що роблять можливим математично-статистичний аналіз.

Також Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів спільно з міжнародними партнерами опублікувало інфографічне дослідження, котре демонструє, як бойові дії та окупація шкодять екосистемам України та Європи [66]. В межах даного дослідження воно є додатковим джерелом офіційних даних, що можуть слугувати для визначення трендів впливу війни на довкілля. Інфографіка дає змогу: порівнювати їх данні із незалежними оцінками або міжнародними джерелами та аналізувати, які методика оцінки збитків використовуються в офіційних звітах.

Для процесу геоекологічної оцінки важливим етапом є інтеграція даних, що стосується поєднання та синтезу різних типів даних з різних джерел і методів, щоб отримати вичерпну та узгоджену картину екологічної базової лінії та впливу. Інтеграцію даних можна здійснити за допомогою різних інструментів і методів,

таких як бази даних, географічні інформаційні системи (ГІС), візуалізація та індикатори. Інтеграція даних загалом допомагає визначити та зрозуміти взаємодії, взаємозв'язки та тенденції між компонентами та факторами навколишнього середовища в складних районах.

Картографування пошкоджених екосистем, зокрема створення інтерактивних карт з осередками екологічних катастроф є можливим завдяки набору відкритих геопросторових даних, що доступні для вільного використання, аналізу та поширення. Використання геоінформаційних систем (GIS) є ефективним для картографування та моніторингу наслідків війни в Україні, зокрема для оцінки руйнувань природних територій, змін гідрологічного режиму та забруднення земель і водойм.

2. ОЦІНКА НАСЛІДКІВ ВЕДЕННЯ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ ДЛЯ ОСНОВНИХ КОМПОНЕНТІВ ЛАНДШАФТУ

2.1. Оцінка стану атмосферного повітря

Якість повітря відіграє важливу роль у підтримці здоров'я населення, забезпеченні якості життя та підтримці функціональної стійкості екосистем. Внаслідок систематичних бомбардувань, артобстрілів, пожеж і аварій, а також переміщення важкої військової техніки відбувається значний викид забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Це вкрай негативно позначається на його якості. Точне визначення причин і джерел забруднення, а також речовин, що потрапляють у повітря внаслідок військових дій, є надзвичайно важливим, адже це, безпосередньо, дає змогу оцінити наслідки такого впливу на якісні характеристики атмосферного повітря та здоров'я населення.

Близько 8 години ранку 3 березня 2022 року на території ДО «Комбінат «Айстра» розпочалась пожежа, причиною якої стало влучання снаряду у цистерну з нафтопродуктами. Горіння групи резервуарів з дизельним паливом, спричинило масштабний викид забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Процес активного горіння тривав понад 14 годин, проте повністю вдалося ліквідувати пожежу лише 10 березня, коли загальний час горіння склав понад 62 години, а маса знищених полум'ям нафтопродуктів – 15,1 тис. тонн серед яких – дизельне паливо та авіаційний гас.

Забруднюючі речовини, що потрапили до атмосфери внаслідок горіння нафтопродуктів можна поділити на декілька груп: газоподібні забруднюючі речовини – оксид вуглецю, оксид азоту, діоксид сірки, вуглекислий газ, сірководень; тверді частки (Particulate matter) - $PM^{2,5}$ і PM^{10} ; канцерогенні сполуки – сполуки ВТЕХ (бензол, толуол, етилбензол і ксилол), поліциклічні ароматичні вуглеводні, діоксини та фурані; важкі метали – ртуть, свинець, кадмій [33].

За підрахунками, наведеними в дослідженні [5] внаслідок вибуху та загорання палива на нафтобазі в місті Чернігові 3 березня 2022 року в атмосферу

потрапило 40 тис. кг. $PM^{2,5}$, а перевищення їх концентрацій у повітрі спостерігалось на відстанях порядку 12 км від джерела викидів, протягом усього часу горіння.

PM відноситься до складної суміші твердих частинок і крапель рідини, зважених у повітрі, чий розмір і склад визначають їхню здатність проникати в дихальну систему та спричиняти несприятливий вплив на здоров'я. До складу PM можуть входити різноманітні речовини, такі як важкі метали, органічні сполуки, нітрати, сульфати та частинки пилу, які сприяють його потенційній токсичності. Короткочасний вплив підвищених рівнів $PM^{2,5}$ може призвести до миттєвих симптомів, таких як подразнення дихальних шляхів, кашель, утруднене дихання та задишка. Довготривалий вплив $PM^{2,5}$ може призвести до зниження функції легень, уповільнення їх розвитку у дітей та загального підвищення ризику розвитку хронічних респіраторних і серцево-судинних захворювань [26].

Тривалість життя *летких органічних сполук (ЛОС)* в атмосфері відіграє вирішальну роль у їх розповсюдженні та впливі на населення поблизу місця пожежі. Наприклад, бензол має час життя в атмосфері приблизно 9,4 дня, тоді як інші ЛОС, такі як толуол і етилбензол, мають коротший час життя в атмосфері, коливаючись від кількох годин до кількох днів [4]. Леткі органічні сполуки з подовженим терміном життя в атмосфері можуть долати великі відстані, потенційно впливаючи на населення за межами безпосередньої близькості від місця горіння нафтопродуктів, створюючи певні ризики для здоров'я, включаючи підвищену ймовірність хронічних, респіраторних або серцево-судинних захворювань, пов'язаних із цим впливом [16]. Навпаки, леткі органічні сполуки з меншим терміном життя мають більшу інтенсивність вплинути на громади, розташовані ближче до джерела займання.

Враховуючі вищеперераховані наслідки впливу займання нафтопродуктів на території комбінату, що розташований у м. Чернігів, найінтенсивнішим було забруднення повітря саме в його межах. Важливо зазначити, що згідно з синоптичними умовами, з початку доби 3 березня, над районом аварії перебувала північна периферія циклону з центром над територією Туреччини, що упродовж

доби зміщувався на північний схід [5]. Отже забруднюючі речовини у підвищених концентраціях неконтрольовано поширювалися, зокрема в напрямку урочища Подусівка, яке є лісопарковою зоною в межах міста. Далі в напрямку житлових мікрорайонів Чернігова: Подусівка та Масани. Ще далі на північний схід до населених пунктів Чернігівського району, зокрема сіл Новий Білоус та Старий Білоус, тощо.

Під час ведення активних бойових дій на території Чернігівської області періодично траплялися вибухи автоцистерн з паливом. Зокрема 26 лютого 2022 року, на вузловій залізничній станції Низківка, Корюківського району, українськими військовими було знищено 56 ворожих цистерн з дизпаливом, загальним об'ємом близько 3000 тис. тонн, що спричинило масштабний викид забруднюючих речовин (оксиди азоту, сірки, чадний газ) та близько 9600 тис тонн CO₂ за короткий проміжок часу [49].

Одним з основних факторів впливу на якість атмосферного повітря у прикордонних районах області протягом усіх років війни залишаються вибухи мінометних і артилерійських снарядів, а особливо – скидання вибухівки з безпілотників. Зокрема, села Тимоновичі, Заріччя, Миколаївка, Сергіївка, Янжулівка, Лісківщина Семенівської громади; села Грем'яч і Ясна Поляна Новгород-Сіверської громади; та села Гута-Студенецька, Ключи Сновської громади, регулярно зазнають обстрілів з території РФ, що провокує викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Ці забруднювачі походять від вибухонебезпечних сполук, металевих корпусів, а також вторинних пожеж або реакцій, спричинених вибухами.

Вибухові речовини, які використовуються у снарядах і бомбах, включають тротил, гексоген, октоген, що в процесі вибуху утворюють ряд токсичних газів, летких речовин (HCN, CO, NO, NO₂), важких металів (Pb, Cu, Zn, Sb, Al) та парникові гази (CO₂) [7]. Вторинні пожежі – горіння будинків, рослинного покриву тощо, спричиняють повторне потрапляння забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Ці забруднювачі взаємодіють з компонентами атмосфери та екосистемами, впливаючи на якість повітря та навколишнє середовище.

Оксиди азоту та сірки вступають в реакцію з атмосферною водяною парою, утворюючи при цьому кислоти (HNO_3 , H_2SO_4), що спричиняють кислотні дощі, які в свою чергу підкислюють ґрунти, завдаючи шкоди рослинному покриву місцевості, пригнічуючи фотосинтез [2]. Викиди парникових газів, що є побічним продуктом деяких вибухових речовин сприяють кліматичним змінам, підсилюючи парниковий ефект.

Важливим чинником, що регулярно спричиняє викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря, є лісові пожежі на території області. Хоча в більшості причиною займання лісових масивів і сухої трави є недотримання правил пожежної безпеки саме місцевими жителями, але військові дії спричиняють труднощі з процесом гасіння. Зокрема, пожежні служби не мають змоги дістатися до ряду територій через мінну небезпеку, до того ж ефективність ліквідації пожеж у природних екосистемах знижується через те, що пожежні служби вимушені оперативно реагувати на займання спричинені обстрілами.

Більшість великих пожеж минулого 2024 року були в літні місяці, коли індекс пожежонебезпечної погоди був дуже високим. Загальна кількість пожеж і вигорілих площ в Україні сягнула 965 360 га від 8 753 пожеж. На території Чернігівської області їх кількість була рекордною за останнє п'ятиріччя – займань в природних екосистемах [56]. Наймасштабніші (охопили від 1000 до 5000 га) в Чернігівській області поширились на територіях Семенівської, Сновської, Городнянської, Новгород-Сіверської та Корюківської територіальних громад [14]. Саме тут пожежні служби не завжди мають змогу швидко реагувати на займання природних екосистем, оскільки перш за все зважають на загрозу для рятувальників.

Також варто зазначити, що під час військових дій змін зазнала структура джерел викидів парникових газів. Лівава частка тепер припадає на військові фактори, при цьому частка викидів з домогосподарств та підприємств – знизилась. Військові споживають велику кількість викопного палива, зокрема для заправки техніки та авіації, живлення генераторів і мобільних електростанцій, в процесі будівництва та функціонування військових об'єктів,

тощо. Загалом військові дії, зокрема й на території Чернігівської області, призвели не лише до підвищення рівня викидів вуглекислого газу, але й спричинили зменшення здатності екосистем його поглинати через знищення лісів та інших природних ландшафтів.

Таким чином воєнні дії спричинили комплексне забруднення атмосферного повітря в межах Чернігівської області. Основними джерелами викидів забруднюючих речовин стали вибухи боєприпасів, пожежі на об'єктах паливно-енергетичної інфраструктури та в природних екосистемах. Локальні викиди твердих часток, ЛОС, важких металів та токсичних продуктів горіння в атмосферне повітря, створили значну загрозу для здоров'я населення не лише в зонах активного ураження, але й у сусідніх громадах. Високий рівень викидів парникових газів у поєднанні з періодичними викидами токсичних речовин призвів до зниження здатності природних екосистем до саморегуляції та поглинання CO₂.

2.2. Оцінка стану поверхневих вод

Військова діяльність, спричиняє механічне та хімічне забруднення водойм і підземних вод. До найбільш серйозних джерел забруднення можна віднести масове затоплення військової техніки і боєприпасів у водоймах, витіки нафтопродуктів та інших хімічних сполук в результаті руйнування великих промислових об'єктів і біологічне забруднення внаслідок великої концентрації трупів людей і тварин.

Поверхневі прісні водойми Чернігівської області займають близько 3 % території області. Це річки, озера, водосховища, ставки тощо. Також Чернігівська область і Курська область мають спільні водні ресурси: річка Сейм, яка є лівою притокою Десни та ряд дрібних водотоків, що впадають до Сейму або Десни та частково протікають через обидві області. Ці річки впливають на водний баланс регіону, і їх екологічний стан залежить від природних і техногенних факторів у кожній з областей.

У серпні 2024 до лівої притоки Десни, річки Сейм, з території Глушковського району Курської області Росії потрапили технічні стоки, що суттєво вплинули на якість води та гідробіоту. За інформацією Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України річки Сейм та Десна були забруднені скидом стічних вод російського цукрового заводу, що знаходиться у місті Тьоткіно Курської області [46].

Оскільки Тьоткінський цукровий завод спеціалізується на виробництві цукрового піску, гранульованого бурякового жому та меляси, його стічні води містили ряд органічних та неорганічних речовин. До основних компонентів стічних вод цукрового заводу відносяться: органічні залишки сахарози, глюкози, фруктози; етанол, ацетон і леткі органічні сполуки; білки та амінокислоти з буряку. Неорганічні речовини: солі кальцію та магнію, сульфати, фосфати та хлориди. А також технологічні хімікати, зокрема: вапно ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), карбонати, діоксид сірки (SO_2), флокулянти та коагулянти та миючі засоби.

Через потрапляння значної кількості забруднюючих речовин до річок Сейм і Десни сталася масова загибель риби, в тому числі червонокнижних осетрових. Зокрема, зафіксовано загибель особин стерляді прісноводної (*Acipenser ruthenus Linnaeus*) – представників осетрових, які в Україні перебувають на межі зникнення [29]. Забруднення органічними речовинами призвело до критичного зниження рівня кисню у водоймі через активне розмноження мікроорганізмів, що розкладають органіку, використовуючи кисень для аеробного дихання. Додатковим фактором, що посилив проблему, стала висока температура води, оскільки тепла вода утримує менше розчиненого кисню. Загалом станом на початок вересня 2024 року на території Чернігівської області зібрано 10,7 тонн загиблої риби [46].

У середині вересня фахівці фіксували повторне органічне забруднення водойми. Зокрема у верхніх пунктах моніторингу якості води на річці Сейм, на ділянці до села Мутин спостерігалось подальше погіршення якості води: зріс ключовий показник хімічного споживання кисню, показник азоту амонійного та знизився вміст розчиненого кисню. Зрештою понад 650 кілометрів водних шляхів було забруднено, що стало екологічною катастрофою.

Ситуація із забрудненням річок Сейм і Десна викликає велике занепокоєння, оскільки зазнала негативного впливу флора та фауна усєї річкової екосистеми. Зокрема і перспективне до внесення в Рамсарський список водно-болотне угіддя – «Заплава Десни між містом Остер та селом Смолин». Площа ВБУ складає 23650 га. та має вигляд заплави з природним гідрологічним режимом та ендемічною лучною рослинністю. Ділянка є ареалом поширення рослин занесених до Червоної та Зеленої книг України (пальчатокорінник м'ясочервоний (*Dactylorhiza incarnata*), глечики жовті (*Nuphar lutea*) тощо). Також 149 видів хребетних, з яких трапляються Червонокнижні види риб, птахів та ссавців (наприклад кулик-сорка (*Haematopus ostralegus*), видра річкова (*Lutra lutra linnaeus*)) та 2 видів занесених до Європейського Червоного списку [48].

Дане водно-болотне угіддя є важливим для забезпечення чистоти водних горизонтів Десни в низ за течією, де відбувається водозабір для потреб міста

Київ. Тому не можна переоцінити деструктивний вплив забруднення водотоку, оскільки вираженими є екологічні, економічні та соціальні наслідки події, перелік яких наведений на рис.2.1.



Рис.2.1. Наслідки органічного забруднення річкової системи Десни

Вночі 23 березня 2022 року, внаслідок атаки ворожої авіації було зруйновано автомобільний міст через Десну, що в місті Чернігів. Зруйнована цегляно-кам'яна конструкція мосту потрапила до водойми та спричинила перш за все фізичне порушення водної екосистеми. Масивні металеві та кам'яні конструкції при падінні зумовили порушення природного шарування донних осадів і зміну структури водного потоку. Очевидним також є втрата бентосних організмів ділянки, через те, що вони були притиснені великими структурами, що в довгостроковій перспективі може вплинути на загальне біорізноманіття водойми.

Забруднюючі речовини, які потрапили до води в результаті руйнування, погіршили загальну якість води в річці, що призвело до утворення тимчасово несприятливих умов, для розвитку водних організмів. Крім того, потрапляння токсичних речовин (міді, свинцю, кадмію, тощо) робить воду небезпечною для споживання людиною, що є важливим, адже 17 березня після пошкодження водопровідних станцій мешканці Чернігова були змушені брати воду саме з Десни.

Оскільки міст було зруйновано авіаційними бомбами, до водойми потрапили уламки, що найменше 5 з них, одна з авіабомб вагою близько 250 кг не розірваною впала до водойми, і вже після того, як була знайдена за безпековими правилами, шляхом керованого підриву, була знищена на місці [63]. Після потрапляння фрагментів авіабомби до водойми, вони можуть вивільнити у воду низку токсичних речовин, RDX (гексоген), TNT (тринітротолуол), порошки алюмінію та магнію, що мають здатність до біонакопичення у харчових ланцюгах і є токсичними для водних організмів [40].

Під час військових дій на водоймах в межах області були проведені учбові форсування річок, що передбачали собою встановлення понтонних переправ та подальшу переправу транспортних засобів та особового складу на протилежний берег річки. Така діяльність, навіть організована в учбових цілях, може становити ризик як для фізико-хімічної, так і для екологічної якості водного середовища. Встановлення та закріплення понтонних переправ передбачає розміщення важких конструкцій у русловій частині річки або поблизу, що потенційно порушує місця нересту риби. Тимчасова зміна берегової зони, для забезпечення доступу військових транспортних засобів, підвищує ризик розвитку ерозії через пошкодження прибережного рослинного покриву [15].

Значне вібраційне та шумове забруднення спричинене монтажем мосту та рухом важкої військової техніки – порушує природні цикли розвитку риби. До того ж завжди існує ризик розлиття гідравлічної рідини, мастильних матеріалів чи палива, що є токсичними для водних організмів, особливо для риби і земноводних. Ще одним важливим фактором впливу є підвищення каламутності води,

спричинене рухом важкої техніки (насамперед гусеничної), що знижує проникність сонячного світла в товщу води, порушуючи фотосинтез водних рослин.

Отже визначним фактором впливу на водні екосистеми області, стала наявність наявність транскордонних водотоків між Україною та РФ. Головні річки Чернігівщині Десна та Сейм зазнали негативного впливу, через скиди забруднених стоків, що призвело до зниження якості води, масштабної загибелі водних організмів, включно з зникаючими видами, та порушення стійкості екосистем водойм. Крім того, воєнні дії зумовили активізацію військово-навчальної діяльності на водоймах, що неминуче створює додаткове шумове, вібраційне забруднення та механічне порушення берегових ділянок. Такий деструктивний вплив на водні об'єкти провокує низку екологічних, економічних та соціальних наслідків.

2.3. Оцінка стану ґрунтового покриву

Згідно з даними Держгеокадастру загальні земельні ресурси області складають 31,9 тис. км² з яких близько 65% займають сільськогосподарські угіддя, 21% лісові угіддя, 4% відкритих заболочених територій та інші землі [53]. Всі ці ґрунти забезпечують і регулюють велику кількість екосистемних послуг і відіграють важливу роль у підтримці суспільства. Переваги, які населення отримує від ґрунтів, прямо чи опосередковано пов'язані з чистим повітрям, водою та виробництвом продуктів харчування, серед іншого, і є ключовими для подолання функціонування природних та культурних ландшафтів [31].

Військові дії є причиною деградації низки екосистемних послуг ґрунтів на території області, описаних на рис.2.2



Рис.2.2. Порушення екосистемних послуг ґрунтів спричинене військовими діями

Оскільки облік кількості земельних ресурсів, де порушені ті, чи інші групи екосистемних послуг ґрунтів є не можливим через небезпеку спричинену війною, можливим є – теоретичне виокремлення територій області, за інтенсивністю деградації окремих груп екосистемних послуг ґрунтів.

Станом на початок 2025 року можна зазначити, що існує 20-кілометрова зона вздовж кордону з РФ, де не відбувається розмінування у зв'язку з високими ризиками для саперів. Загалом – це площа більш ніж 17 тис. га. сільськогосподарських угідь та лісовкритих площ в межах Новгород-Сіверського, Корюківського та Чернігівського районів. На цих територіях порушуються усі групи екосистемних послуг ґрунтів, зокрема, підтримувальні: руйнується взаємодія між ґрунтовими мікроорганізмами та рослинами, процес ґрунтоутворення порушується через механічне пошкодження ґрунту та забруднення; регулювальні: знижується водопроникність ґрунту через рух важкої техніки, що сприяє ерозії та підтопленню; забезпечувальні: заміновані території стають небезпечними та непридатними для аграрного використання; культурні: заміновані ліси, водойми та ландшафти є небезпечними для відвідування, а також природні території значної цінності стають недоступними для відвідування місцевими жителями.

Згідно з даними досліджень Інститут глобальних змін Тоні Блера з початком військових дій Чернігівська область зазнала втрат показника валового внутрішнього продукту на 20 % саме через замінування територій [39]. Департамент агропромислового розвитку Чернігівської області повідомляє, що на території Корюківської та Семенівської територіальних громад через мінування не обробляються та не виконують своїх екосистемних послуг 68 000 тис. га. земель, з яких 20 000 тис. га. це лісові угіддя [65].

З початком військових дій територій Чернігівщини зазнають ураження різними типами зброї. Загалом повітряно-штурмову зброю можна поділити на чотири групи: осколково-фугасна, запалювальна зброя, боєприпаси підвищеної потужності та дефоліанти; усі вони можуть завдати шкоди природному середовищу існування різними способами та з різним ступенем. Небезпеку для якості ґрунтів несуть осколково-фугасні боєприпаси оболонки яких відлиті з чавуну, до складу якого, крім звичних заліза та вуглецю, додано сірку та мідь. Коли ці уламки протягом довгого періоду знаходяться у відкритому ґрунті починається процес їх окислення. Йони заліза потрапляючи, до ґрунтових

горизонтів спричиняють зміни його хімічного складу, сірка реагуючи з водою, впливає на кислотність ґрунту. Це порушує ключові екосистемні послуги ґрунту, зокрема:

- зміни кислотності порушують нормальні процеси формування ґрунтового профілю;
- зміни кислотності впливають на життєдіяльність азотфіксуючих бактерій, що впливає на родючість ґрунту;
- зміни у хімічному складі ґрунту спричиняють потрапляння токсичних сполук до підземних водних горизонтів;
- надлишкові концентрації заліза та підвищена кислотність призводять до загибелі ґрунтових мікроорганізмів та деградації мікоризних грибів;
- кислі ґрунти є менш сприятливими для затримання води, що може сприяти ерозійним процесам;
- підвищена кислотність ускладнює вирощування багатьох культур і знижує врожайність;
- деградація ґрунтів з часом може призвести до втрати природного вигляду територій, зменшуючи їхню естетичну та туристичну цінність.

Територіально найінтенсивніше подібного впливу зазнали прикордонні громади, як-от, Семенівська (поблизу сіл Архипівка, Грем'ячка, Галаганівка, Леонівка тощо) Сновська (поблизу сіл Хрінівка, Липівка, Пльохів тощо) та території Новгород-Сіверського району (поблизу сіл Вороб'ївка, Камінь, Грем'яч, Богданове та інших).

Негативний вплив мілітарна діяльність спричиняє і на окремі типи ґрунтів, як-от, торф'яні та торф'яно-болотні ґрунти, що є цінними як з екологічної так і економічної точки зору. Їх висока вуглецева ємність, здатність утримувати значні об'єми води та висока родючість, робить їх критично важливими екосистемами. Проте саме висока концентрація вуглецю в цих ґрунтах є ключовим фактором впливу на підвищену пожежонебезпеку в цій місцевості. Пожежі в природних екосистемах з торф'яним ґрунтовим покривом складніше загасити, адже процес

тління відбувається не лише на поверхні, але й під землею. Оскільки масиви ґрунтів цього підтипу розміщені в межах прикордонних Городнянського та Корюківського районів, де пожежі виникають через ворожі обстріли, ризик їх поширення та тривалого горіння значно зростає, що призводить до зниження родючості ґрунтів та значних викидів парникових газів.

Культурні екосистемні послуги ґрунтів є невід'ємною часткою їх функцій. Загалом можна визначити чотири основні категорії культурних екосистемних послуг, пов'язаних із ґрунтом: (1) духовна цінність, (2) рекреаційні ресурси, (3) місце для досліджень (4) ґрунт як архів для реконструкцію минулого. Військові дії на території Чернігівщини спричинили деградацію всіх категорій культурних екосистемних послуг залежно від того, яку з них надавала конкретна територія у довоєнний період.

Низка територій зі значним рекреаційним потенціалом серед яких: регіональні ландшафтні парки, заповідні урочища, заповідники та не охоронювані ділянки високої естетичної цінності (наприклад природні ландшафтні комплекси Лівобережного Полісся) тимчасово не надають екосистемних послуг у зв'язку з мінною небезпекою. До них відносяться подібні ділянки на прикордонних територіях (Семенівська, Сновська, Городнянська та Новгород-Сіверської громад), а також в межах територіальних громад, що були тимчасово окуповані в 2022 році.

Таким чином бойові дії на території Чернігівської області спровокували порушення всіх категорій екосистемних послуг ґрунтів. Семенівська, Сновська, Новгород-Сіверська, Городнянська та Корюківська територіальні громади є осередками найбільшого ураження. Тут воєнні дії призвели до комплексної деградації ґрунтового покриву, зниження екологічної стабільності екосистем, втрати продуктивності земель та порушення, а подекуди й припинення виконання ґрунтами екосистемних послуг.

2.4. Оцінка впливу на біорізноманіття

Територію Чернігівської області за ландшафтними особливостями можна розподілити на чотири фізико-географічні регіони: Новгород-Сіверське Полісся, Чернігівське Полісся, Північно-полтавська височинна та Північно-придніпровська терасова низинна області. Високе різноманіття природних ландшафтів в межах області спричиняє високу варіативність видів флори та фауни. Одним з ключових наслідків війни стало знищення середовищ існування дикої природи, таких як ліси та болота, що порушило баланс екосистем і призвело до втрати багатьох видів рослин і тварин.

Природоохоронні території не захищені від впливу війни, вони зазнають прямої шкоди через воєнні дії, а також підвищується їх вразливість до незаконних рубок і браконьєрства через ослаблення управління та нагляду. Протягом періоду ведення активних бойових дій 11 об'єктів ПЗФ місцевого значення, що знаходяться на території області, зазнали прямого фізичного впливу. До основних пошкоджень відносяться «пошкодження ґрунтового покриву заповідних об'єктів технікою окупантів та влучанням ракет (заказники, пам'ятки природи, заповідні урочища, парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва), пошкодження та знищення дерев (ботанічні пам'ятки природи, РЛП «Ялівщина», загоряння лісової підстилки та лісу (РЛП «Міжрічинський», заповідне урочище «Святе»))» [52, с.7].

Постраждали навіть ті природоохоронні території, які безпосередньо не зазнали фізичного впливу від військових дій. Через те, що більшість співробітників охорони об'єктів і територій заповідного фонду були переміщені, зокрема з тимчасово окупованих територій, чи призвані до армії, що посилює браконьєрство таких видів, як сом звичайний (*Silurus glanis*), карась звичайний (*Carassius carassius*), баранець великий (*Gallinago medi*) тощо.

Картографічне відображення розміщення об'єктів і територій природно-заповідного фонду Чернігівщини, що зазнали ураження внаслідок військової агресії РФ після 24 лютого 2022 року показано на рис. 2.3

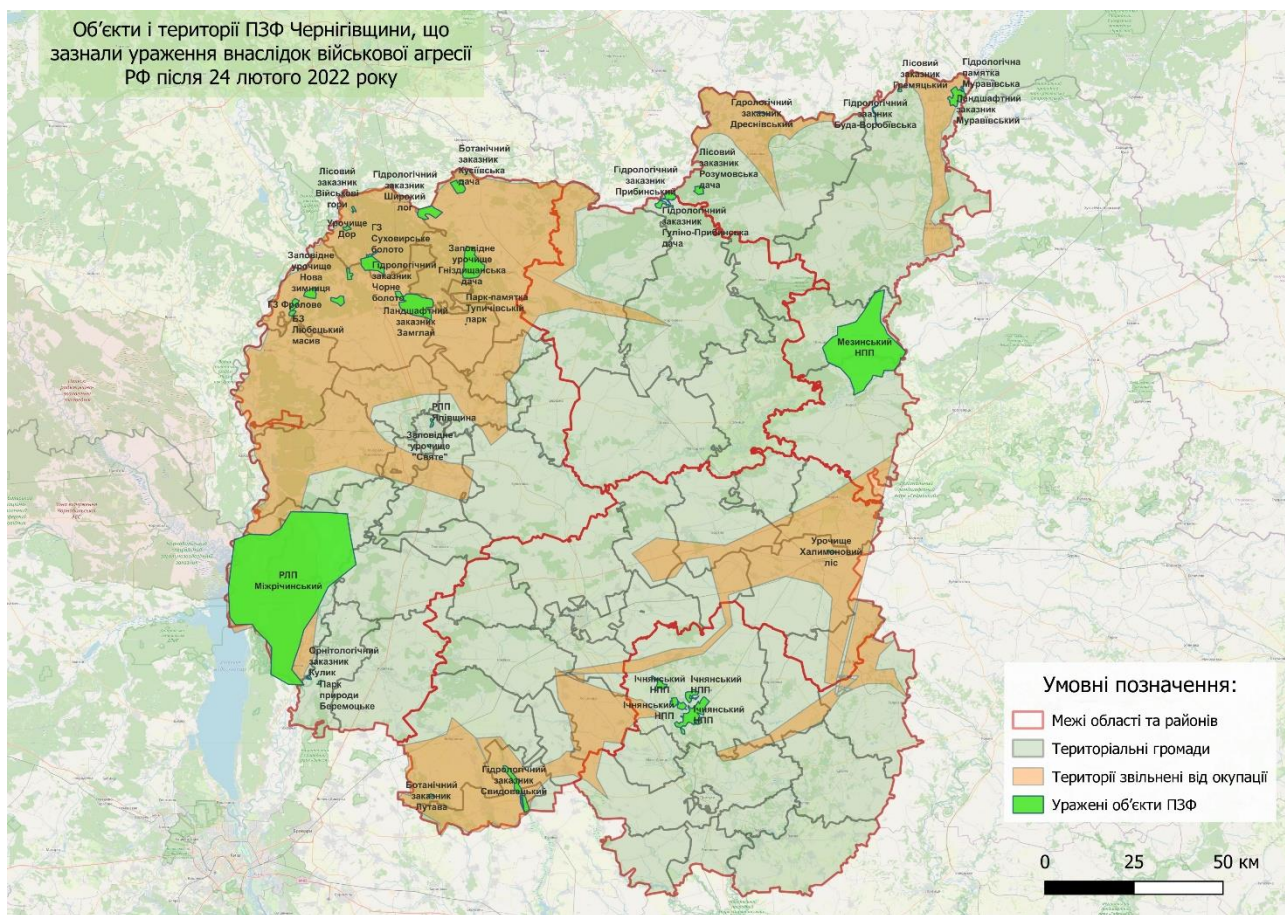


Рис.2.3. Об'єкти і території ПЗФ Чернігівщини, що зазнали прямого чи опосередкованого впливу внаслідок військової агресії РФ після 24 лютого 2022 року

Через постійні обстріли прикордонних територій неможливим є доступ до об'єктів і територій ПЗФ, розташованих в прикордонних районах. На сьогодні багато об'єктів ПЗФ області потребують детальних обстежень, оскільки вони не були перевірені на наявність вибухонебезпечних предметів, і лише після розмінування можуть відновитися дослідження та природоохоронні заходи.

Оскільки Чернігівська область є прикордонною, додатковим фактором негативного впливу на біорізноманіття є втрата можливості його транскордонного моніторингу та охорони. Особливо це відзначається на біорізноманітті Городнянської, Сновської, Ріпкінської, Семенівської, Новгород-Сіверської та Добрянської територіальних громад, де численними є ареали поширення видів занесених до Червоної книги України та регіонального переліку охоронюваних видів. Перелік рідкісних видів, що зазнають ураження внаслідок воєнних дій, наведений в табл. 2.1 :

Таблиця 2.1. Перелік охоронюваних видів флори та фауни, що зазнають інтенсивного впливу на популяцію внаслідок воєнних дій

<i>Назва виду</i>	<i>Статус</i>	<i>Ареал поширення</i>	<i>Фактор впливу</i>
Астрагал піщаний <i>Astragalus arenarius</i> L.	Вразливий	На піщаних ґрунтах і заплавлених ділянках (Городнянська, Сновська, Добрянська)	Пожежі, надмірна лісозаготівля
Багно звичайне <i>Ledum palustre</i> L.	Під регіональною охороною	На торф'яно-болотних ґрунтах.	Деградація природних болотних екосистем
Анемона дібровна <i>Anemone nemorosa</i>	Під регіональною охороною	В лісових екосистемах	Пожежі
Гронянка багатороздільна <i>Botrychium multifidum</i> (S. G. Gmel.) Rupr.	Рідкісний	Сухі ліси та узлісся (Добрянська, Ріпкинська)	Пожежі і деградація підходящих екоотопів
Гелодій Бландова <i>Helodium blandowii</i>	Вразливий	Заболочені ліси і мезотрофні болота (Сновська)	Деградація природних боліт
Сальвінія плаваюча <i>Salvinia natans</i> (L.) All.	Рідкісний	У долинах Десни	Забруднення водой і руйнування прибережних ділянок
Смілка литовська <i>Silene lithuanica</i> Zapat.	Рідкісний	В соснових лісах біля доріг (Новгород-Сіверська, Городнянська)	Витоптування, рух важкої техніки лісовими ділянками
Цибуля ведмежа <i>Allium ursinum</i> L.	Рідкісний	В трав'яному покриві лісів на високогумусових ґрунтах (Семенівська)	Неконтрольоване зрізання, рубка лісів, витоптування,
Заєць білий <i>Lepus timidus</i> Linnaeus, 1758	Рідкісний	(Семенівська, Новгород-Сіверська)	Деградація лісів, браконьєрство
Нетопир середземноморський <i>Pipistrellus kuhlii</i>	Вразливий	На рівнинних ділянках вздовж великих річок (Городнянська)	Руйнування будівель, забруднення повітря хімікатами

Продовження таблиці 2.1

Баранець великий <i>Gallinago media</i>	Зникаючий	Долина Десни (Добрянська)	Деградація оселищ, браконьєрство
Підорлик малий <i>Aquila pomarina</i> C. L. Brehm,	Рідкісний	Вологі ліси з відкритими галявинами (Сновська Семеніська)	Знищення лісів (рубка, пожежі), шумове забруднення
Сова болотяна <i>Asio flammeus</i>	Рідкісний	Відкриті ділянки (Сновська, Ріпкинська)	Пожежі (особливо весняні), шумове і вібраційне забруднення
Тетерук <i>Lyrurus tetrix</i>	Зникаючий	Корінні соснові ділянки лісу (Сновська, Семенівська, Добрянська)	Шумове, світлове та вібраційне забруднення у періоди токування та гніздування
Стерлядь прісноводна <i>Acipenser ruthenus</i> Linnaeus,	Зникаючий	В корінному руслі Десни	Зміна хімічного та біологічного режиму водойми внаслідок її забруднення
Гольян озерний <i>Eupallasella percnurus</i>	Зникаючий	Верхня течія Десни	Осушення та забруднення водойм.
Стрічкарка тополева <i>Limnitis populi</i>	Вразливий	Узбіччя доріг, ділянки лісу з переважанням осоки (Городнянська)	Зміна густоти дерев, забруднення повітря хімікатами

Крім того, постійно розширюються території пошкоджені вирвами та кратерами різного масштабу. На землях поблизу сіл, що знаходяться в безпосередній близькості до кордону з РФ (Блешня, Ключи, Леонівка, Красний Хутір, Сеньківка, Вороб'ївка, Костобобрів тощо) концентрація вирв досягає декількох десятків на 1 км². Вирви порушують середовища існування дикої природи, фрагментуючи екосистеми та ізолюючи популяції, зменшуючи генетичне різноманіття та обмежуючи міграцію видів. З часом стійкість цих фізичних і хімічних змін може призвести до тривалої деградації уражених ландшафтів.

Отож воєнні дії завдали значної шкоди флорі та фауні Чернігівщини. Руйнування середовищ існування, порушення транскордонного моніторингу та ослаблення охорони об'єктів природно-заповідного фонду підвищили ризики скорочення чисельності видів, особливо рідкісних та зникаючих.

2.5. Оцінка динаміки утворення відходів воєнних дій та їх впливу на компоненти ландшафту

Актуальною проблемою на сьогоднішній день стали відходи від руйнувань, які утворилися під час військової агресії РФ проти України. Найбільші об'єми відходів на території області утворилися протягом 2022 року – у період активних бойових дій в її межах та часткової окупації Чернігівщини. Серед них: залишки військової техніки, паливно-мастильні матеріали, уламки будівель та зброї, медичні та тверді побутові відходи.

Протягом 2023 року дещо змінився склад та методика управління відходами, зокрема зросла частка відходів від процесу розмінування територій, та демонтажу зруйнованої інфраструктури. Завдяки посиленню екологічного контролю зросла кількість відсортованих та вивезених до місць тимчасового зберігання уламків. В 2024 році до процесу управління відходами були залучені і міжнародні партнери (United Nations Development Programme), що дозволило активізувати та оптимізувати процес транспортування та переробки будівельного сміття [64].

З початку повномасштабної війни на Чернігівщині пошкоджено майже 13000 об'єктів, повністю зруйновано більш 1200 об'єктів, північні прикордонні райони потерпають від обстрілів щодня і зараз. У результаті на територіях 15 громад на 47 місцях зберігання накопичено більше 16 тисяч тонн відходів, що утворилися у зв'язку з пошкодженням і руйнуванням будівель та споруд. Просторовий розподіл основних осередків утворення відходів воєнних дій на території Чернігівської області протягом 2022–2025 років показано на рис. 2.4.

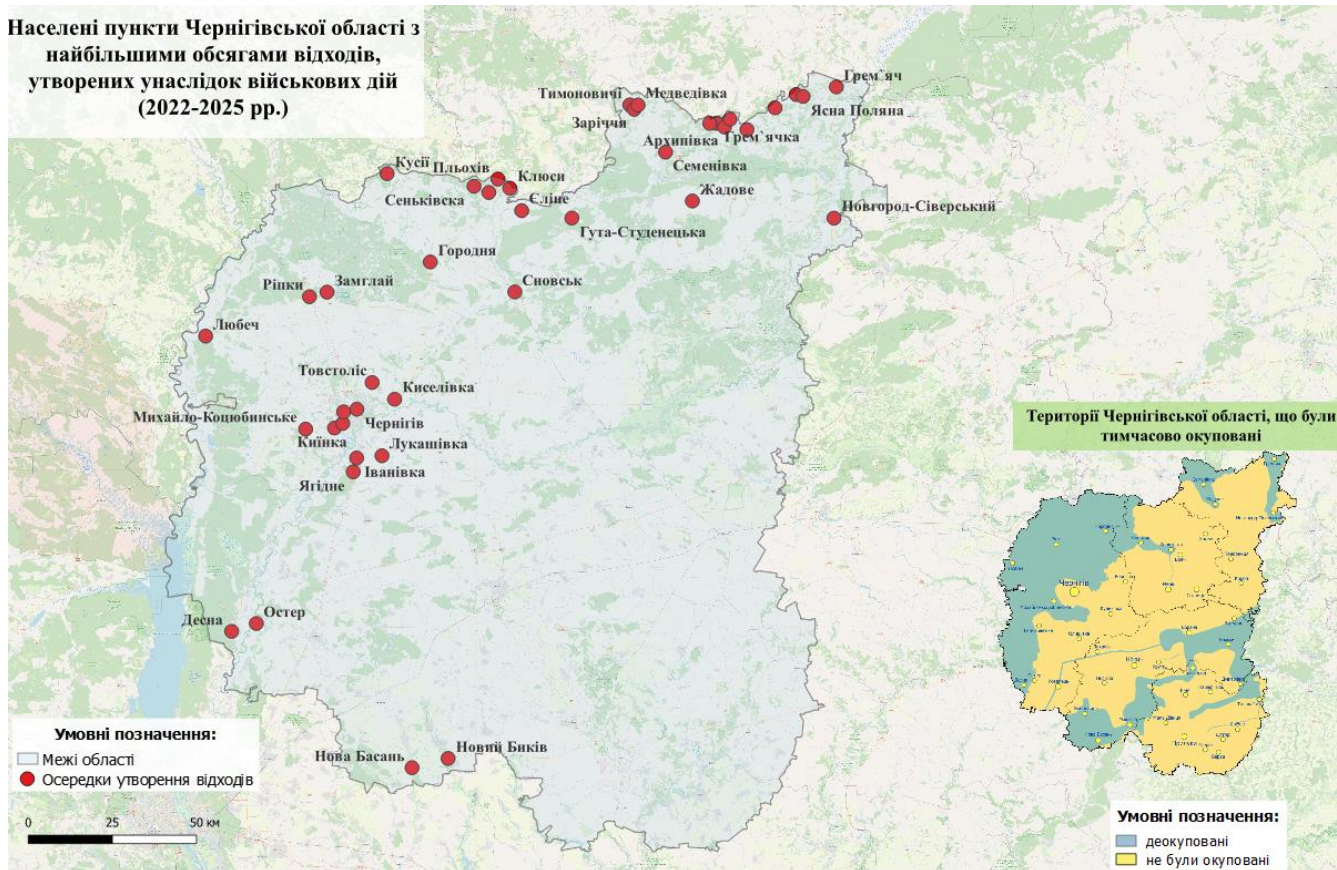


Рис.2.4. Населені пункти Чернігівської області з найбільшими обсягами відходів, утворених унаслідок військових дій (2022–2025 рр.)

У результаті військового конфлікту утворюється велика кількість військових відходів, уламків від зруйнованих будівель і небезпечних матеріалів, що створює значні проблеми для поводження з відходами та збільшує ризики забруднення. Руїнування будівель призводить до забруднення довкілля будівельним сміттям та азбестом. Також у складі відходів вій руїнувань спричинених військовими діями є: бетон, цегла, скло, шифер, покрівля дахів, деревина, пластик, пластмаси, облицювальна та керамічна плитка, метал.

Орієнтовна площа місць тимчасового розміщення відходів від руїнувань становить більш ніж 25 га. «Вищезазначені місця знаходяться на територіях таких громад: Гончарівська, Городнянська, Кіптівська, Киїнська, Седнівська, Іванівська, Новобілоуська, Куликівська, Киселівська, Олишівська (Чернігівський район); Новгород-Сіверська та Семенівська (Новгород-Сіверський район); Менська (Корюківський район); Новобасанська (Ніжинський район); Ічнянська (Прилуцький район)» [52, с.6].

Крім того, у м. Чернігів досі не було проведено демонтаж об'єктів, що не підлягають відновленню, у деяких громадах відсутня можливість визначення обсягів відходів від руйнувань та організації роботи з їх прибирання й утилізації, оскільки вони знаходяться у прикордонній зоні з РФ і постійно піддаються обстрілам.

Також за інформацією Чернігівської обласної державної адміністрації [52] на території Семенівської територіальної громади, ближче 20 км до кордону з РФ, накопичені небезпечні відходи передача яких не здійснюється до підприємств з ліцензією на провадження господарської діяльності з поводження з небезпечними відходами, через постійні ворожі обстріли території громади.

Протягом 2022-2024 років проблема неналежної утилізації твердих побутових відходів також не втратила своєї актуальності, а навпаки посилилась, особливо в прикордонних територіальних громадах області (Семенівська, Сновська, Новгород-Сіверська та Городнянська). Зруйновані будівлі та інфраструктура призвели до ускладнення доступу до базових послуг управління відходами та їх накопичення безпосередньо на місцях утворення.

В результаті ракетних обстрілів та інших військових дій багато будинків і господарських споруд було зруйновано вибуховою хвилею або пошкоджено військовою технікою. Це призвело до утворення великої кількості неврахованих відходів, таких як дерев'яні конструкції, вікна, двері, меблі, предмети побуту, особисті речі, огорожі тощо, які неможливо відремонтувати.

При правильному управлінні величезні обсяги будівельного сміття можуть бути перероблені, а отримані матеріали можуть бути такими ж міцними, як і вихідний «чистий» матеріал. Проте за умови неналежного управління відходами руйнувань шкідливі хімікати, що входять до їх складу можуть вимиватися в ґрунт. Це забруднення впливає на ріст рослин та порушує стійкість екосистем. Якщо ці відходи були утворені, або ж утилізовані в безпосередній близькості до водойм будівельні матеріали, такі як фарби, розчинники та важкі метали, можуть потрапляти в річки, завдаючи шкоди водним організмам і роблячи воду небезпечною для використання людиною. Пил і сміття від масивів відходів

сприяють забрудненню повітря, впливаючи на якість повітря та становлячи ризик для дихальних шляхів для працівників і мешканців поблизу. Крім того, вторинні пожежі в місцях їх концентрації сприяють вивільненню токсичної пари та суміші газів [32].

На територіях Чернігівської області, що були тимчасово окуповані в 2022 році досі актуальною залишається проблема несанкціонованих звалищ в межах лісових масивів. Серед них лісові угіддя на території:

Новгород-Сіверського району (Семенівка, Жадове),

Корюківського (Корюківка, Сновськ)

Чернігівського (Козелець, Городня, Ріпки, Десна, Любеч)

Ніжинського (Бобровиця, Макіївка, Нова Басань)

Прилуцького району (Талалаївка, Іваноград).

В місцях, де окупаційні війська тимчасово розміщувались, вони залишали по собі значні кількості твердих побутових відходів (пластикові пляшки, металеві банки, склотара, полімерна упаковка, папір та картон), харчових відходів, побічних продуктів тваринного походження (рештки свійських тварин), а також подекуди це були електронні відходи (залишки вкраденої в тимчасово окупованих селах техніки).

Станом на 2025 рік, більшість відходів, що були залишені на узліссях, були утилізовані міськими комунальними службами. Натомість на віддалених ділянках лісових масивів, відходи все ще залишаються без належного управління та розкладаються на відкритій місцевості, через обмежений доступ, зумовлений мінною небезпекою.

Багато дерев було вирубано, щоб з деревини побудувати окопи, землянки чи інші укриття. В обох випадках ця деревина з часом стала відходами, хоча це не типовий сектор відходів. Частину деревини спалювали для опалення та приготування їжі, тоді як органічний матеріал, що залишився, став сміттям і відходами, і з часом його вуглець буде вивільнятися в атмосферу у вигляді CO² або CH⁴. Ці викиди відбувалися з території України, були спричинені

антропогенним фактором, але не були добровільними викидами парникових газів з території України.

Таким чином на території Чернігівської області постала нагальна проблема накопичення великої кількості відходів від руйнувань. Це актуалізувало питання відсутності ефективних механізмів управління та утилізації відходів цього типу. У прикордонних територіальних громадах, паралельно з відходами руйнувань, накопичуються значні масиви твердих побутових та небезпечних відходів, транспортування яких на відносно безпечні території області для подальшої переробки є на сьогодні неможливим у зв'язку з заходами безпеки.

3. ШЛЯХИ ПОВОЄННОГО «ЗЕЛЕНОГО» ВІДНОВЛЕННЯ ЛАНДШАФТІВ

Враховуючи шкоду, завдану довкіллю воєнними діями, Україна потребує «зеленої» реконструкції. Після завершення війни необхідна відбудова з екологічною стійкістю в основі, оскільки це єдиний спосіб забезпечити відновлення екосистемних послуг в довгостроковій перспективі.

Екологічне відновлення ландшафту – це процес заснований на холістичному підході до збереження та відновлення, який покликаний забезпечити довгострокову стійкість і відновити екологічну цілісність і функціональність екосистем, які були деградовані, пошкоджені або знищені.

Для відновлення функціонального стану екосистеми, екологічне відновлення має базуватися на таких аспектах: здоров'я функціональних процесів екосистем, такі як фільтрація води, поглинання вуглекислого газу тощо; цілісність структури та зв'язків між видами; стійкість та здатність до відновлення після порушень.

Прикладом екологічного відновлення є різні процеси управління екосистемами: контроль ерозії, лісовідновлення, використання генетично місцевих аборигенних видів, видалення інвазивних видів і бур'янів, повторне озеленення порушених територій, відновлення відкритих русел струмків, реінтродукція місцевих видів, а також середовищ існування для цільових видів тощо.

Екотехнологічні підходи мінімізують шкоду флорі та фауні, що залишилася, на деградованих територіях і забезпечують підтримку критичних функцій екосистеми. Екотехнології мають за основу імітацію певних природних функцій екосистем, що мінімізує додаткове технологічне навантаження на порушені екосистеми.

3.1 Міжнародний досвід використання екотехнологій для відновлення деградованих ландшафтів

Приклади екологічно орієнтованих підходів до відновлення ландшафтів стають все більш популярними. Було реалізовано низку масштабних проєктів: відновлення коридору між ізольованими фрагментами дощового лісу в Квінсленді, Австралія, для сприяння міграції тварин та відновлення місцевих видів флори на ділянках фрагментації флори [27]; Контрольоване випалювання у відновленому джарровому ((*Eucalyptus marginata*) лісі поблизу Перта, Західна Австралія [10]; Картування геоінформаційної системи та моделювання популяції для визначення пріоритетності ділянок прерій для відновлення блакитного метелика Фендера (*Icaricia icarioides fenderi*) поблизу Юджина, Орегон [22].

Монджебап-Норт, штат Західна Австралія

Екосистеми Монджебап-Норт являють собою напівпосушливу мозаїку рослинних угруповань з відкритими заростями маллевих (*mallee*) чагарників та рідколіссям. Територія охоплює 400 га розчищених від природної рослинності сільськогосподарських угідь із зоною фрагментації між ділянками залишкової рослинності на півдні та природним заповідником Коракеруп, розташованим на півночі. У 2011 році почалося планування екологічного відновлення цих територій з ціллю підвищення екологічної зв'язності в межах місцевого ландшафту та розширення можливостей доступу до середовища існування для унікальної та різноманітної фауни та флори регіону.

Після планування та створення карти відновлення, в межах 100 га на північному-заході ділянки було застосовано наступні технології екологічного відновлення:

- Прямий посів 8 насінневих сумішей, підібраних відповідно до типу ґрунту (загальне різноманіття видів склала понад 100 рослин);
- Висадка сіянців різних видів на всіх ділянці, а також у так званих «вузлових» (англ. *node*) точках із специфічними ґрунтами;

- Ручний посів насіння рідкісних видів, широкими смугами на ділянках з відповідними для них типами ґрунтів;
- Створення куп із органічних рослинних залишків (опале листя, гілки тощо) для сприяння повернення на території фауни, особливо рептилій, дрібних ссавців, комах, птахів та гризунів;
- Спалювання серотинних видів з родини протейних (*Proteacea*) та їх висаджування в ґрунт *in-situ*;
- Подрібнення окремих видів рослин із подальшим механічним розподілом мульчі у вигляді контурно спрямованих по рельєфу відрізків.

У листопаді 2012 року на ділянці було засіяно загалом 21 довгострокову моніторингову ділянку (15 м x 15 м), що дозволяє ідентифікувати зміни в проростанні, щільності рослин та видовому складі з часом [20].

Екологічне відновлення річкової екосистеми – це процес відновлення деградованої, пошкодженої та зруйнованої екосистеми річки шляхом відновлення екологічної структури, функцій та біотичної цілісності [45]. Найдавніша практика екологічного відновлення річок була здійснена в Німеччині в 1965 році, коли Ернст Біттманн захистив схили берегів річок очеретом та вербами вздовж Рейну [6]. Послідовно проекти з екологічного відновлення річок та ренатуралізація річок, були виконані в Нідерландах, Франції, Канаді, Швейцарії.

Екотехнології відновлення включають демонтаж/модернізацію дамб, будівництво рибопропускних споруд, відновлення заплав, управління зливовими водами, відновлення природної берегової лінії, управління річковим біорізноманіттям, стабілізацію берегів, відновлення рослинності, відновлення коридорів, реконфігурацію русла, покращення середовища існування тощо .

Національний парк Ла-Морісі

Ландшафт Національного парку Ла-Морісі складений хвилястими пагорбами глибокими долинами та типовою для Нижніх Лаврентійських гір мережею озер, ставків, струмків та річок, утворених внаслідок руху льодовика. Парк є ареалом існування різноманітних водних, прибережних рослин і диких

тварин, серед яких є рідкісні або унікальні, включаючи прісноводну палію арктичну (*Salvelinus alpinus*) та генетично унікальні популяції струмкової форелі (*Salmo trutta*).

Причиною деградації екосистеми парку стала лісозаготівля. Усі придатні озера та струмки були переобладнані для сплаву лісу. Щоб підняти рівень води, на більшості озер було побудовано греблі та водовідводи, а струмки були вирівняні та каналізовані, щоб забезпечити прохід колод. На дні водойм, в гирлах озер та вздовж берегів накопичувалась водонасичена деревина, великі колоди та стовбури дерев. Як наслідок – прибережні та водні екосистеми були порушені через багаторічне інтродукування численних видів, зокрема окуня малоротого (*Micropterus dolomieu*) та білого чукучана (*Catostomus commersonii*).

Цілі відновлення були зосереджені на відновленні рівня води та природного гідрологічного режиму водних екосистем, що постраждали від деструктивних практик лісового господарства. Покращенні прибережних середовищ існування та захисті популяцій унікальних видів.

Виконані роботи:

- Рівень води у шести озерах було відновлено шляхом демонтажу гребель, мостів та водопропускних труб;
- Прибережні екосистеми восьми озер було відновлено шляхом очищення берегів від скупчень колод та залишків деревини, (вигляд ділянки водойми до та після очищення її від колод наведено на рис 3.1.);
- Природні гідрологічні процеси було відновлено шляхом видалення 13000 колод тсуги з різних ділянок вздовж водойм;
- Цілісність рибних угруповань шести озер було покращено шляхом ліквідації інтродукованих (чужорідних) видів риб.



Рис. 3.1. Вигляд ділянки водойми: а) до очищення б) після очищення від колод [20]

Моніторинг видів риб та інших водних організмів протягом багатьох років проводився як у межах парку, так і за його межами. Результати, отримані в процесі моніторингу, оцінювалися та регулярно повідомлялися у виданні інформаційних бюлетенів. Виловлені та відновлені дерев'яні колоди було використано в різних проектах у парку, включаючи освітні матеріали, художні скульптури тощо [20].

Визначення успішності проекту відновлення, є дискусійним питанням, оскільки екосистеми не статичні, а перебувають у стані динамічної рівноваги. Успіх відновлювальних робіт може відрізнятися залежно від ділянки через різницю в гідрології, мікрокліматі та переміщенні рослин, тварин, а також інтенсивності деградації. З іншого боку, повернення продуктивності та відновлення стійкості ландшафтів, не завжди вимагає активних втручачь (наприклад, знищення інвазивних тварин, щоб дозволити місцевим вижити), можна застосувати три типи втручачь, такі як повне відновлення, часткове відновлення або захист ландшафту.

Таким чином, екологічне відновлення є ключовим елементом не лише програм охорони природи, але й сталого розвитку екосистем. Його результатом має бути покращення ефективності збереження біорізноманіття, відновлення функцій деградованих територій і їх стійкості до кліматичних змін та розширення можливостей для місцевого населення.

3.1.1. Світовий досвід управління відходами руйнувань

Щорічно у світі виробляється приблизно понад 10 мільярдів тонн відходів від руйнувань, які займають 35–65% світових звалищ. В основному вони включають цеглу, бетон, гіпсокартон, асфальт, метали, деревину, скло, пластик, картон та інші [21]. Відходи руйнувань та демонтажу вважаються інертним матеріалом і становлять високий ризик для навколишнього середовища через серйозний естетичний вплив, деградацію земель, забруднення, пов'язане з шумом та пилом, а також їх змішування з токсичними відходами, мінімізація таких відходів стала пріоритетним завданням. Ефективне управління відходами руйнувань та демонтажу може мати як переваги для навколишнього середовища, так і соціально-економічні переваги для відповідних зацікавлених сторін і майбутніх будівельних проектів.

Відходи утворень внаслідок руйнувань також надають можливості: вони можуть містити цінні матеріали, такі як бетон, сталь і деревина, а також органічні речовини для компостування. Цю цінність можна реалізувати або як джерело доходу, або як матеріал для реконструкції та зменшити навантаження на природні ресурси, які інакше потрібно було б видобути для реконструкції.

Європейська комісія запропонувала рекомендації щодо покращення ідентифікації відходів, розділення джерел, збору, логістики, переробки та управління якістю в рамках Протоколу про відходи будівництва та знесення у 2018 році [13]. Зростаюча обізнаність і фінансова підтримка з боку різних фінансових агенцій спонукали до розробки інноваційних стратегій управління, таких як проекти VEER, InnoWEE, RE4, HISER, IRCOW і C2CA для підтримки переходу до економіки замкнутого циклу.

VEER (Value-added recycled products from Construction and Demolition Waste) [42]. Метою проєкту є створення нових будівельних матеріалів з перероблених матеріалів, зокрема бетону та мінеральної вати. В результаті було розроблено нові склади екологічно чистого цементу, які містять високий рівень (>75% за вагою) перероблених матеріалів.

HISER (Holistic Innovative Solutions for an Efficient Recycling and Recovery of Valuable Raw Materials from Complex Construction and Demolition Waste) [18]. Метою проєкту є впровадження ефективних моделей сортування та переробки будівельного сміття для вищого відновлення сировини з дедалі складніших відходів будівництва та знесення. Використовуваний в межах проєкту оптичний датчик HSI є одним із найдосконаліших варіантів сортування сміття, що буде використане для повторного відновлення, оскільки він ділить їх три вихідні фракції: «сіре» сміття (складається з розчину/бетонних заповнювачів і природних каменів), «червоне» сміття (складається з кераміки, цегли, плитки та іншої кераміки) і домішки (пластик, дерево, гіпс, скло або папір/картон).

Навіть попри те, що причини утворення відходів руйнувань можуть бути різні, доречно враховувати досвід інших країн, оскільки вони теж мають справу з масовими руйнаціями інфраструктури, наприклад внаслідок природних катастроф. Досвід управління відходами утвореними внаслідок землетрусів та цунамі в Японії – це яскравий приклад ефективного екологічно орієнтованого підходу, який можна адаптувати в українських реаліях.

Команда експертів ЮНЕП під час оцінки ефективності розбору відходів утворених внаслідок катастроф визначила керівні принципи, що можуть допомогти у ефективному управлінні відходами, серед яких [25]:

Важливість бути готовим: Основні муніципалітети задокументували плани утилізації сміття, що виникло під час стихійного лиха. Це надзвичайно корисно, оскільки дозволяє урядовим органам швидко перейти в «надзвичайний режим». Україна теж повинна підготувати деталізований план управління відходами руйнувань як важливу частину національного та регіонального планування на випадок надзвичайних ситуацій.

Технічна підтримка: робота із відходами руйнації є спеціальним технічним завданням, для реалізації якого місцеві органи управління, зазвичай не мають технічних можливостей. Таким чином, надати їм лише інструкцію недостатньо. У Японії є рішення Міністерства охорони навколишнього середовища

направляти персонал від національного уряду до префектур, для надання технічної підтримки місцевим експертам.

Централізована фінансова підтримка: катастрофи створюють таку велику кількість сміття, що місцеві муніципалітети ніколи б не змогли впоратися з очищення самостійно, навіть у звичайний період. Однак ці відходи доводиться обробляти в той час, коли дохід місцевих різко падає через знищення економічної діяльності та переселення місцевого населення. Рішення національного уряду повністю взяти на себе витрати, пов'язані з видаленням уламків, наслідків катастроф, стало основним фактором успіху операцій з утилізації відходів утворених внаслідок катастроф в Японії.

Використання місцевих ресурсів: зусилля, спрямовані на максимізацію використання місцевих компаній для роботи з відходами. Це гарантує залучення більшої кількості ресурсів у місцеву економіку, а також сприяння відновленню місцевого бізнесу та емоційному відновленню постраждалих, які можуть зробити свій внесок і відчувати себе частиною зусиль з очищення територій.

Моніторинг навколишнього середовища: доцільно мати послідовний підхід до моніторингу, визначаючи параметри, що підлягають моніторингу та проводити його за підтримки науково-дослідних інститутів. Параметри, що підлягають контролю: вміст важких металів у ґрунті (свинець, кадмій, ртуть, мідь, цинк), наявність нафтохімічних сполук у ґрунтових водах та ближніх водоймах, наявність азбесту у повітрі та ґрунті, контроль радіаційного фону тощо.

Перевезення відходів: найкраще звести до мінімуму об'єм транспортованих відходів утворених внаслідок руйнувань, і кількість разів, коли сміття буде переміщено з ділянки на ділянку. Оскільки такі відходи в більшості є великогабаритними, вантажівки споживають багато пального на кілометр, що збільшує вуглецевий слід процесу управління відходами. Також це стимулює впровадження практик економіки закритого циклу, тому що матеріали сортуються, подрібнюються або повторно використовуються безпосередньо на місці утворення.

3.2 Шляхи повоєнної оптимізації природного середовища

Повоєнне відновлення природних та антропогенних ландшафтів на території Чернігівщини є чудовою можливістю для відбудови більш «зеленого» середовища. Окрім безпрецедентних руйнувань, завданих російським агресором протягом останніх десятиліть, відмінною рисою повоєнного відновлення України є розгляд її як невід'ємної частини Європейського Союзу і повна інтеграція з її зеленою політикою.

Перш за все національні та регіональні плани з відновлення мають узгоджуватися з програмою екологічної та кліматичної політики Європейського Союзу – Європейським зеленим курсом (The European Green Deal) [37]. Реконструкція енергетичної системи зосереджена на відновлюваних джерелах енергії, використання сталих методів сільського господарства, створення нових природоохоронних територій, реформування управління відходами та запровадження суворих механізмів моніторингу дотримання екологічних норм за стандартами EGD сприятиме довгостроковій стійкості країни та окремих регіонів до кліматичних та геополітичних потрясінь.

Системи заходів з оптимізації природного середовища мають сприяти досягненню цілей програми Європейського Союзу для України Ukraine Facility [38], включаючи стале відновлення та відбудову; перехід до зеленої, сталої, цифрової та інклюзивної економіки; та виконання національно визначеного внеску згідно з Паризькою угодою та зобов'язань згідно з Конвенцією про біологічне різноманіття. Заходи, включені до неї, повинні відповідати, наскільки це можливо в контексті післявоєнної відбудови та відновлення, принципу «незавдання додаткової шкоди».

Проведення комплексу заходів спрямованих на оптимізацію природного середовища в повоєнний період має враховувати ряд характеристик кожної з екосистем для яких вони передбачені. Серед них:

- природні фізико-хімічні властивості ґрунту і вод

- природне біорізноманіття (наприклад ендемічні види), особливо збереження видів, що знаходяться під загрозою зникнення
- відновлення природного капіталу, такого як питна вода, ліси або популяції диких тварин
- пом'якшення зміни клімату (наприклад, через секвестрація вуглецю), шляхом лісонасадження
- естетичні властивості територій.

Підходи до оптимізації природного середовища можна розділити засновані на природному відновленні (самовідновленні) та ті, що потребують активного антропогенного втручання [9]. Відповідно до цих підходів можна виокремити території Чернігівської області, де доцільним є застосування одного з них. Територіями придатними до природної оптимізації навколишнього середовища (з мінімальним втручанням) є стійкі екосистеми, що зазнали помірних порушень, де попри часткове порушення структури екосистеми, вона все ще продовжує функціонування.

Лісові екосистеми (наприклад соснові та мішані ліси) мають природну регенеративну здатність, особливо на ділянках не було критичного порушення ґрунтів та зниження рівню ґрунтових вод. Це лісові масиви поблизу Деснянських заплав у Чернігівському, Козелецькому, Борзнянському районах, де попри воєнні дії зберігаються сприятливі умови росту дерев та відновлення трав'яного покриву. Також природне сукцесійне відновлення є потенційно ефективним для мішаних лісів Корюківського, Менського та Ріпкінського районів, а також соснових лісів на піщаних ґрунтах в Семенівському, Сновському та подекуди Новгород-Сіверському районі, за умови відсутності інтенсивних пожеж та припинення руху важкої техніки.

Рослинність, що перебуває в стані природного відновлення, може потребувати тривалішого періоду сукцесії для відновлення довоєнного стану, проте цей процес не потребує значних фінансових і трудових ресурсів. Додатково можна застосувати моніторингові системи інвазивних видів та пожежної безпеки, але вони не є обов'язковими.

Покинуті через вимушене переміщення населення сільськогосподарські угіддя та ділянки лучно-степових угідь мають високий потенціал до природного відновлення. Поля, пасовища та сіножаті поблизу покинутих сіл з часом можуть природним шляхом відновити рослинний покрив типовими рослинними угрупованнями (пирій повзучий, костриця лучна, тимофіївка тощо). Додатковим інструментом відновлення буде контроль випасу худоби та моніторинг інвазивних видів (амброзії та борщівника Сосновського). Типові території: Семенівський, Корюківській, Сновській райони з природною лучною рослинністю на заплавах річок та Ріпкінський, Городнянський райони, де значним є відсоток покинутих сіл, через безпосередню близькість до зони активних бойових дій.

Територіями придатними до оптимізації природного середовища, з активним та довготривалим людським втручанням є екосистеми з сильними/критичними порушеннями, коли порушені функціональні зв'язки, повністю знищені середовища існування конкретних видів тощо.

Лісові екосистеми на території яких в період активних воєнних дій відбулися інтенсивні пожежі, знищено підлісок, а ґрунти порушені через обстріли, вибухи та рух важкої техніки – потребують низки дій з боку спеціалістів. Зокрема ефективними стануть заходи з вирівнювання, рихлення чи аерації ґрунту, висадка дерев, що є стійкими до ущільнень та сприяють ґрунтоутворенню (береза, вільха), внесення органічних добрив для відновлення ґрунтових організмів тощо. Типовими районами застосування цього підходу можуть бути лісонасадження на прикордонні області, околиці Городнянщини та окремі території Сновщини. Штучно відновлена рослинність на цих ділянках потенційно має демонструвати вищу продуктивність.

Штучні монокультурні лісові насадження, переважно соснові, є більш вразливими до пожеж та мають обмежену здатність до самовідновлення. Типовими районами поширення є центральна частина області, зокрема Козелецький та Чернігівський райони. Для цих територій є необхідним додавання дуба, берези, клена та інших видів у процес лісовідновлення.

Потенційно ризикова ситуація, що потребує людського втручання, виникає, коли концентрація токсичних елементів у ґрунті перевищує порогові значення, встановлені національними органами влади або фонові рівні. Потенційно токсичні елементи не завжди піддаються біологічному розкладанню і можуть потрапляти в організм людини через накопичення в трофічних ланцюгах. В останні роки фахівцями широко використовується екологічна ремедіація (методи екологічної ремедіації, засновані на адсорбції та перенесенні, такі як фіторемердіація та мікробна ремедіація), через її низьку вартість, екологічну чистоту та численні соціальні переваги [17]. Цей шлях очищення ґрунтів буде ефективним для ділянок тривалого розміщення техніки, зон поблизу зруйнованих промислових об'єктів та складів палива, а також територій уражених численними вибухами.

Деградовані сільськогосподарські угіддя, що зазнали значного бомбардування, були занедбані (у зв'язку з окупацією) чи заміновані – це агроєкосистеми, де самовідновлення ключових функцій є ускладненим або неможливим. Ці ділянки потребують досліджень та відновлення ґрунтового покриву, розмінування (за потреби), контролю за ерозійними процесами та переходу до регенеративного сільського господарства. Ефективними діями є внесення компосту, застосування покривних культур, систем агролісівництва та відновлення ареалів запилювачів.

Значного залучення людського ресурсу потребуватиме і оптимізація міських та приміських зелених зон, наприклад Чернігова, Ніжина, Козельця, Городні, Семенівки. Основні потреби полягають в озелененні міст, реконструкції парків та створенні зелених насаджень між забудованими районами. Ефективними діями буде використання сталого міського планування з залученням сучасних елементів зеленого каркасу міста (зелені дахи, дощові сади), що сприятиме розширенню діапазону екосистем послуг міських зелених зон [1].

Оптимальною стратегією відновлення екосистем Десни є застосування комбінованого підходу. Природна здатність руслової ділянки Десни до

самовідновлення є високою попри значні масштаби забруднення. Самоочищення водойми шляхом біологічного розкладання органічних забрудників, за участі автохтонних мікроорганізмів та механізму фітопурифікації (очищення вод з допомогою прибережної рослинності) зберігають свою ефективність на малозмінених заплавах ділянках річки. Проте біоремедіаційні заходи є необхідними для забруднених приток та малих річок у басейні Десни. Оскільки малі річки мають значно нижчий гідродинамічний потенціал та здатність до самоочищення, що робить їх більш вразливими до органічних забруднень. Тому потенційно ефективними в межах малих річок буде механічне очищення мулових відкладів, висадка рослин-гідрофітів, що сприятимуть біодеградації забруднювачів (*Phragmites australis*), аерація водойм [19, 30].

Таким чином комбінування природних сукцесійних процесів та штучних методів до оптимізації природного середовища у повоєнний період потенційно матиме найвищу ефективність. Безперечно антропогенне втручання прискорить процес відновлення функціонування екосистем, що зазнали критичних порушень через рух важкої техніки, вибухи, пожежі, техногенне чи органічне забруднення, зокрема в зоні ведення активних бойових дій та техногенних катастроф. Але помірно ушкоджені території області все ж зберегли високий потенціал до природної регенерації, а саме лісові масиви, лучно-степові та сільськогосподарські угіддя на півночі, північному заході та центральній частині області.

3.3 Прогноз вартості відновлення ландшафтних комплексів

Відновлення деградованих ландшафтів є ефективним рішенням для покращення складу рослинності, секвестрації вуглецю рослинністю та ґрунтом, стабілізації гідрологічних циклів і мікроклімату та покращення естетичних властивостей місцевості. Відновлення ландшафту не тільки забезпечує всі ці переваги, але й компенсує витрати, які легко переважають переваги.

Недооцінка серйозності збитків, завданих екосистемам та природним ресурсам під час війни, призводить до тривалого або неповного відновлення навколишнього середовища.

Основні етапи для початку поствоєнного відновлення включають оцінку збитків, завданих воєнними діями, стихійними лихами або техногенними аваріями, визначення першочергових потреб (із встановленням пріоритетів) і деталізацію всіх необхідних дій. Процедури оцінки шкоди природним ресурсам (Natural Resource Damage Assessment) у США та Директива Європейського Союзу про екологічну відповідальність (ELD) добре підходять для систематичного та науково обґрунтованого аналізу екологічних збитків, завданих під час збройних конфліктів. Обидва підходи включають процес попередньої оцінки збитків, який можна розпочати під час війни, щоб задокументувати та передбачити ймовірну тяжкість травм та заздалегідь визначити пріоритети реабілітаційних заходів після припинення бойових дій.

Оцінка пошкодження природних ресурсів (NRDA) – це процес збору, компіляції та аналізу інформації для прийняття цих рішень, що складається з чотирьох основних кроків [41]:

Оцінка шкоди: кількісна оцінка шкоди, завданої довкіллю, включаючи втрату рекреаційного використання, шляхом проведення наукових та економічних досліджень.

Планування відновлення: розробка плану відновлення, який визначає проекти та окреслює найкращі методи відновлення постраждалого довкілля.

Притягнення забруднювачів до відповідальності: забезпечення того, щоб відповідальні сторони оплачували витрати на оцінку шкоди та відновлення довкілля.

Відновлення довкілля: впровадження проектів для відновлення середовищ існування та ресурсів до стану, в якому вони були б, якби забруднення не відбулося.

Загальна мета Директиви про екологічну шкоду (ELD) полягає у запобіганні та повному відновленні пошкоджених природних ресурсів та їхніх послуг до стану, який би існував, якби шкоди не було. ELD визначає екологічну шкоду як шкоду, завдану охоронюваним видам та природним середовищам існування, шкоду водним об'єктам та шкоду землям (стаття 2(1)) [11]:

- Шкода, завдана видам, що знаходяться під охороною, та природним середовищам існування, – це «будь-яка шкода, яка має значний негативний вплив на досягнення або підтримку сприятливого стану збереження таких середовищ існування або видів»;
- Шкода, завдана воді, – це «будь-яка шкода, яка суттєво негативно впливає на екологічний, хімічний та/або кількісний стан та/або екологічний потенціал»;
- Шкода землі – це «будь-яке забруднення землі, яке створює значний ризик негативного впливу на здоров'я людини в результаті прямого чи непрямого введення в землю, на землю чи під землю речовин, препаратів, організмів чи мікроорганізмів» .

Директива ELD вимагає від сторін відповідальних за екологічну шкоду, вживання чи фінансування заходів з відновлення довкілля. У контексті повоєнного відновлення територій Чернігівщини застосування принципів директиви може сприяти визначенню відповідальних сторін, кількісній оцінці екологічної шкоди та розробці заходів з відновлення, що відповідатимуть системі стандартів ЄС. Положення директиви, що акцентують увагу на профілактичних діях (стаття 5) та негайному втручанні (стаття 6) описують ефективну модель для пом'якшення поточних екологічних ризиків у районах, що значною мірою

зазнали уражень. Узгодження процесу повоєнного відновлення ландшафтів Чернігівщини з положеннями ELD не лише посилить правову відповідальність країни-агресора на міжнародній арені, але й сприятиме інтеграції європейських принципів екологічного управління.

На сьогодні Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України затверджено низку методик для оцінки збитків та шкоди, заподіяної навколишньому середовищу внаслідок воєнних дій, серед них:

- Методика визначення розміру шкоди, завданої землі, ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану [59];
- Методика 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 [62];
- Методика визначення шкоди та збитків, заподіяних лісовому фонду внаслідок збройної агресії Російської Федерації [61];
- Методика визначення збитків, заподіяних внаслідок забруднення та/або засмічення вод, самовільного користування водними ресурсами [58];
- Методика визначення шкоди та збитків, завданих територіям та об'єктам природно-заповідного фонду внаслідок збройної агресії Російської Федерації [60].

Станом на 01.11.2024 Державною екологічною інспекцією у Чернігівській області нараховано більше 26 мільярдів гривень збитків, заподіяних довкіллю Чернігівщини внаслідок збройної агресії та бойових дій під час воєнного стану, що докладніше описані в табл. 3.1 [51]:

**Таблиця 3.1. Сума збитків завданих навколишньому середовищу
Чернігівської області з 24.02.2022 по 01.11.2024.
(за даними Державної екологічної інспекції у Чернігівській області)**

<i>Сфера впливу</i>	<i>Сума збитків</i>
Шкода завдана ґрунтам (засмічення земель і забруднення ґрунтів вибухонебезпечними предметами)	17 млрд 965 млн
Шкода завдана атмосферному повітрю (горіння нафтопродуктів та газу, та інші загоряння)	1 млрд 569 млн
Знищення лісових масивів	3 млрд 957 млн
Шкода завдана водним об'єктам (засмічення водних об'єктів)	2 млрд 437 млн

Оскільки Чернігівська область є територією з різноманітним набором ландшафтних комплексів (ліси, водно-болотні угіддя, луки, річки, сільськогосподарські угіддя, міські зелені зони), що мають різні потреби у відновленні, залежно від ступеня ушкодження та технічної складності виконання робіт, вона вимагає диференційованої оцінки вартості відновлення. Відтак ефективним є прогноз вартості саме з урахуванням унікальних характеристик та рівню деградації окремих екосистем, який гарантуватиме реалістичний розподіл коштів.

Оцінка витрат на відновлення включає прямі та непрямі витрати, що дозволяє скласти більш реалістичний прогноз вартості. Прямі витрати складають більшу частину інвестицій потрібних для початку процесу. Типові приклади включають: *витрати на лісовідновлення* (закупівля рослин, підготовка ділянки, оплата людської праці), *на відновлення ґрунтів* (розмінування, видалення/оброблення забруднених ґрунтів, застосування органічних добавок) *на відновлення водних об'єктів* (стабілізація берегів, закупівля і висадка рослин-фіторемедіантів, очищення мулових відкладів) *на відновлення міських зелених*

зон (очищення від залишків відходів, висадка дерев, створення об'єктів зеленої інфраструктури) тощо.

Непрямі витрати є основою стійкості відновлювальних робіт у довготривалій перспективі та необхідні для забезпечення ефективності процесу. Включення цих витрат є необхідним, оскільки відновлення ландшафтів це динамічний та адаптивний процес, що потребує тривалого моніторингу та періодичного втручання. Типові приклади включають витрати *на моніторинг і дослідження* (регулярні екологічні дослідження, тестування якості води та ґрунтів, моніторинг процесу відновлення біорізноманіття) *на технічне обслуговування і адаптивні втручання* (додаткове озеленення, зрошення в посушливі періоди) *на адміністративні заходи* (отримання дозволів, управління проектами, звітність) *на залучення громадськості* (громадські обговорення/консультації, освітні проекти, навчання місцевих робітників) тощо. Прогнозований розподіл витрат на відновлення, відповідно до типу ландшафтів наведений в табл. 3.2:

Таблиця 3.2. Розподіл витрат за відновлення за типами ландшафтних комплексів (доларів/на гектар)

Тип ландшафту	Заходи включені у вартість	Витрати на відновлення (US\$/га)
<i>Лісові ландшафти</i>		
Природні ліси (субори)	Біологічне очищення критично забруднених ділянок Видалення сміття Моніторинг шкідників /пожеж/природного відновлення видів	1500-2500 \$/га
Штучні (монокультурні)	Висадка саджанців (сосна) Біологічне очищення ґрунту Внесення органічних добрив Видалення сміття Моніторинг інвазивних видів	1800-3000 \$/га
Лісосмуги	Повторна висадка дерев (клен, дуб, в'яз) Хімічне/біологічне очищення ґрунтів Огородження Моніторинг інвазивних видів	2500-4000 \$/га

Продовження таблиці 3.2

Лучно -степові	Обстеження на предмет мінування Контроль ерозійних процесів Контроль за випасом худоби Періодичне скошування трав	800-1200 \$/га
Аквальні ландшафти		
Руслові ділянки великих річок	Моніторинг якості вод Висадка рослин-фіторемедіантів (на окремих ділянках) Реконструкція прибережної рослинності (за потреби) Видалення сміття	3000-4000 \$/га
Малі річки та притоки	Механічне очищення/видалення мулу Відновлення прибережної рослинності Висадка рослин-фіторемедіантів Аерація Моніторинг якості вод	4000-5500 \$/га
Водно-болотні угіддя	Обстеження на предмет забруднення паливно-мастильними матеріалами Висадка місцевих видів гідрофітів Контроль інвазивних видів	2500- 3000 \$/га
Природохоронні території		
Об'єкти і території ПЗФ, що зазнали прямого ушкодження	Обстеження на предмет мінування Розмінування територій (за потреба) Видалення сміття Відновлення режиму охорони Проведення заходів з підтримки рідкісних видів (допоміжна підгодівля, гніздові платформи) Відновлення ареалів (відновлення рослинного покриву, ренатуралізація болотних/лучних комплексів)	3000-4000 \$/га
Об'єкти і території ПЗФ, що зазнали опосередкованого впливу	Відновлення режиму охорони Обстеження на предмет мінування Видалення сміття	500-1500 \$/га

Продовження таблиці 3.2

<i>Антропогенні ландшафти</i>		
Сільськогосподарські угіддя	Обстеження на предмет мінування Контроль ерозії Видалення ґрунтів з критично високим рівнем забруднення Фіторе mediaція ґрунтів (з використанням видів <i>Helianthus/Medicago sativa L</i>) Внесення органічних добрив Моніторинг якості ґрунтів	2000-3000 \$/га
Міські зелені зони	Озеленення Ремонт інфраструктури Створення об'єктів зеленої інфраструктури Видалення сміття	від 10 000 \$/га

Для забезпечення ефективного розподілу обмежених фінансових ресурсів ефективним буде поетапне впровадження заходів з відновлення. Послідовність дій має базуватися на основі екологічної терміновості втручання, що визначатиметься для кожної окремої ділянки. Заходи з відновлення та розмінування вже можуть проводитися в межах ландшафтних комплексів на півдні, сході та центральній частині Чернігівщини.

Окрім того, обов'язковим етапом повоєнного відновлення мають стати комплекси польові дослідження, що допоможуть в уточненні попередньо запропонованих розрахунків вартості, відповідно до специфіки деградації ландшафтів, що спостерігатиметься на території області після закінчення воєнних дій. Цей, адаптований до реальних показників деградації довкілля, підхід забезпечить довгострокову стійкість екологічного відновлення регіону.

Таким чином, економічна оцінка заподіяної шкоди та, відповідно, вартості відновлення ландшафтів, деградованих внаслідок воєнних дій, є важливим інструментом ефективного планування та розподілу фінансування. Стандартизація даних згідно з методиками ЄС сприятиме інтеграції європейських принципів екологічного управління та полегшить доступ до цільових коштів ЄС. Орієнтовна вартість заходів варіюється залежно від виду ландшафту і ступеню деградації ландшафтів. Відповідно, відновлення територій,

що мають високу природну регенеративну здатність, потребує значно нижчих витрат (500-5000 \$/га) на відміну від сильно деградованих чи штучних ландшафтів, відновлення котрих потребує значних капіталовкладень (від 2000 \$/га).

ВИСНОВКИ

Чернігівська область є територією зі значним ландшафтним та біорізноманіттям, що охоплює фізико-географічні зони Полісся та Лісостепу. За результатами геоекологічного оцінювання фактичний стан довкілля характеризується багаторівневим погіршенням екологічного стану на всій території області та стосуються, тією чи іншою мірою, практично кожного компонента ландшафту.

Воєнні дії спричинили комплексне забруднення атмосферного повітря в межах Чернігівської області. Основними джерелами викидів забруднюючих речовин стали вибухи боєприпасів, пожежі на об'єктах паливно-енергетичної інфраструктури та в природних екосистемах. Високий рівень викидів парникових газів у поєднанні з періодичними викидами токсичних речовин призвів до зниження здатності природних екосистем до саморегуляції та поглинання CO₂.

Ключовим чинником впливу на водні екосистеми області, стала наявність наявність транскордонних водотоків між Україною та РФ. Головні річки Чернігівщини Десна та Сейм зазнали негативного впливу, через скиди забруднених стоків, що призвело до зниження якості води, масштабної загибелі водних організмів, включно з зникаючими видами, та порушення стійкості екосистем водойм. Крім того, воєнні дії зумовили активізацію військово-навчальної діяльності на водоймах, що неминуче створили додаткове шумове, вібраційне забруднення та механічне порушення берегових ділянок.

Порушення екосистемних послуг ґрунтів спостерігаються на всій території, однак осередками найбільшого ураження є Семенівська, Сновська, Новгород-Сіверська, Городнянська та Корюківська територіальні громади. Тут воєнні дії призвели до комплексної деградації ґрунтового покриву, зниження екологічної стабільності екосистем, втрати продуктивності земель та порушення, а подекуди й припинення виконання ґрунтами екосистемних послуг.

Значної шкоди зазнало різноманіття флори та фауни Чернігівщини. Руйнування середовищ існування, порушення процесу транскордонного моніторингу та ослаблення охорони об'єктів природно-заповідного фонду

підвищили ризики скорочення чисельності видів, особливо рідкісних та зникаючих.

Впродовж 2022-2025 років на території Чернігівської області постала нагальна проблема накопичення великої кількості відходів від руйнувань. Це актуалізувало питання відсутності ефективних механізмів управління та утилізації відходів цього типу. У прикордонних територіальних громадах, паралельно з відходами руйнувань, накопичились значні масиви твердих побутових та небезпечних відходів, транспортування яких на відносно безпечні території області для подальшої переробки є на сьогодні неможливим у зв'язку з заходами безпеки.

Опрацьовані в процесі проведення дослідження дані свідчать, що екологічне відновлення є ключовим елементом не лише програм охорони природи, але й сталого розвитку екосистем. Його результатом має бути покращення ефективності збереження біорізноманіття, відновлення функцій деградованих територій і їх стійкості до кліматичних змін та розширення можливостей для місцевого населення.

Варто наголосити, що саме комбінування природних сукцесійних процесів та штучних методів до оптимізації природного середовища у повоєнний період потенційно матиме найвищу ефективність. Безперечно антропогенне втручання прискорить процес відновлення функціонування екосистем, що зазнали критичних порушень через рух важкої техніки, вибухи, пожежі, техногенне чи органічне забруднення, зокрема в зоні ведення активних бойових дій та техногенних катастроф. Але помірно ушкоджені території області все ж зберегли високий потенціал до природної регенерації, а саме лісові масиви, лучно-степові та сільськогосподарські угіддя на півночі, північному заході та центральній частині області.

Економічна оцінка заподіяної шкоди та, відповідно, вартості відновлення ландшафтів, деградованих внаслідок воєнних дій, є важливим інструментом ефективного планування та розподілу фінансування. Орієнтовна вартість заходів варіюється залежно від виду ландшафту і ступеню деградації ландшафтів.

Відповідно, відновлення територій, що мають високу природну регенеративну здатність, потребує значно нижчих витрат (500-5000 \$/га) на відміну від сильно деградованих чи штучних ландшафтів, відновлення котрих потребує значних капіталовкладень (2000 -10000 \$/га).

Результати проведеного дослідження формують наукову основу для подальшої геоecологічної оцінки впливу військових дій на ландшафти. Вони можуть бути використані як довідкові дані для порівняльних досліджень, а також як практичні рекомендації для інших областей, що зазнали уражень внаслідок збройного конфлікту. Окрім того, результати можуть допомогти забезпечити ефективність зусиль з відновлення територій, за умови їх врахування при регіональному плануванні землекористування та екологічної політики.

СПИСКИ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ajirofutu, R. O., Adeyemi, A. B., Ifechukwu, G. O., Iwuanyanwu, O., Ohakawa, T. C., & Garba, B. M. P. (2024). Designing policy frameworks for the future: Conceptualizing the integration of green infrastructure into urban development. *Journal of Urban Development Studies*.
2. An overview of the direct and indirect effects of acid rain on plants: Relationships among acid rain, soil, microorganisms, and plants / Y. Zhang et al. *Science of The Total Environment*. 2023. P. 162388. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162388> (date of access: 05.04.2025).
3. Assessing the environmental impacts of the war in Ukraine. *WWF CEE*. URL: <https://wwfcee.org/our-offices/ukraine/assessing-the-environmental-impacts-of-the-war-in-ukraine> (date of access: 08.04.2025).
4. Atkinson, R. Atmospheric chemistry of VOCs and NO_x. *Atmos. Environ.* 2000, 34, 2063–2101. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231099004604> (date of access: 21.03.2025)
5. Atmospheric Diffusion of PM_{2.5} as a Result of a Fire at an Oil Depot in Chernihiv / Y. Yatsenko. 16th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, Nov 2022, Volume 2022, p.1 – 5. URL: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580230> (date of access: 11.03.2025)
6. Bollati, I.M.; Pellegrini, L.; Rinaldi, M.; Duci, G.; Pelfini, M. Reach-scale morphological adjustments and stages of channel evolution: The case of the Trebbia River (northern Italy). *Geomorphology* 2014,221, 176–186
7. Broomandi, P., Guney, M., Kim, J. R., & Karaca, F. (2020). Soil Contamination in Areas Impacted by Military Activities: A Critical Review. *Sustainability*, 12(21), 9002. <https://doi.org/10.3390/su12219002> (date of access: 04.04.2025).

8. Bun, R., Marland, G., Oda, T., See, L. et al. (2024). Tracking unaccounted greenhouse gas emissions due to the war in Ukraine since 2022. *Science of the Total Environment*, 914. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.169879> (date of access: 11.01.2025)
9. Colléony, A., & Shwartz, A. (2019). Beyond Assuming Co-Benefits in Nature-Based Solutions: A Human-Centered Approach to Optimize Social and Ecological Outcomes for Advancing Sustainable Urban Planning. *Sustainability*, 11(18), 4924. <https://doi.org/10.3390/su11184924>
10. David T. Bell, John M. Koch. Post-fire succession in the northern jarrah forest of Western Australia. *Austral Ecology* 5(1):9 – 14. 2006. URL: https://www.researchgate.net/publication/230141603_Post-fire_succession_in_the_northern_jarrah_forest_of_Western_Australia (date of access: 25.04.2025).
11. Directive 2004/35/EC of the European Parliament and of the Council of 21 April 2004 on environmental liability with regard to the prevention and remedying of environmental damage. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2004/35/oj/eng> (date of access: 29.04.2025).
12. Environmental damages due to war in Ukraine: A perspective / D. Rawtani et al. *Science of The Total Environment*. 2022. P. 157932. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157932> (date of access: 04.01.2025).
13. EU construction and demolition waste protocol. *Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs*. 18 September 2018. URL: https://single-market-economy.ec.europa.eu/news/eu-construction-and-demolition-waste-protocol-2018-09-18_en (date of access: 20.04.2025).
14. European Commission: Joint Research Centre, San-Miguel-Ayanz, J., et al., Advance report on Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2024, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2025, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/1264626>, JRC141505. (date of access: 27.03.2025)
15. Follestad, A., Järnegren, J., Mul, E.J., Rosten, C.M. & Singsaas, F.T. 2022. Environmental impacts of floating bridges. NINA Report 2057. Norwegian Institute

for Nature Research. Trondheim, January 2022. URL: <https://brage.nina.no/nina-xmlui/bitstream/handle/11250/2837003/ninarapport2057.pdf?sequence=4&isAllowed=y> (date of access: 09.04.2025).

16. Grmasha, R.A.; Stenger-Kovács, C.; Bedewy, B.A.H.; Al-Sareji, O.J.; Al-Juboori, R.A.; Meiczinger, M.; Hashim, K.S. Ecological and human health risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in Tigris river near the oil refineries in Iraq. *Environ. Res.* **2023**, *227*, 115791. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935123005832> (date of access: 22.03.2025)

17. Hlihor, R. M., Petronela, C., & Gavrilesu, M. (2022). Removal of heavy metals from the environment by phytoremediation and microbial remediation. *Sustainable Solutions for Environmental Pollution: Air, Water and Soil Reclamation*, 95-146.

18. Holistic Innovative Solutions for an Efficient Recycling and Recovery of Valuable Raw Materials from Complex Construction and Demolition Waste (HISER) URL: <https://www.hiserproject.eu/> (date of access: 20.04.2025).

19. Issayeva, A. U., Yeshibayev, A. A., Tleukeyeva, A. Y., & Issayev, Y. B. (2021). Use of phytomeliorant plants for waste water purification. *Journal of Ecological Engineering*, *22*(9), 48-57.

20. Jatinda N. Bhakta et al. Ecological restoration: An emerging eco-technology for sustainable environmental conservation. *International Journal of Environmental Science and Technology*. *2*: 21–30. 2016. URL: file:///C:/Users/%D0%AE%D0%BB%D1%8F/Downloads/Ecological_restoration_An_emerging_eco_t.pdf (date of access: 20.04.2025).

21. Kamyar Kabirifar, Mohammad Mojtahedi, Cynthia Changxin Wang, Vivian W.Y. Tam. Effective construction and demolition waste management assessment through waste management hierarchy; a case of Australian large construction companies/*Journal of Cleaner Production*, Volume 312, 2021. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652621020084> (date of access: 15.04.2025).

22. Karen Holl, Elizabeth Crone, Cheryl Schultz. Landscape Restoration: Moving from Generalities to Methodologies. *BioScience* 53:491-502/ 2009. URL: https://www.researchgate.net/publication/232688118_Landscape_Restoration_Moving_from_Generalities_to_Methodologies (date of access: 25.04.2025).

23. Landscape ecology (geocology) and biogeocenology — A terminological study / C. Troll (Ed.), *Geocology of the Mountainous Regions of the Tropical Americas*, Colloquium geogr., 9, Proceed of the UNESCO Mexico Symposium 1966 (1968). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0016718571900297> (date of access: 07.01.2025).

24. Machlis G. E., Hanson T. Warfare Ecology. *BioScience*. 2008. Vol. 58, no. 8. P. 729–736. URL: <https://doi.org/10.1641/b580809> (date of access: 22.01.2025).

25. Managing post-disaster debris: the Japan experience. United Nations Environment Programme. 2012. URL: <https://www.humanitarianlibrary.org/sites/default/files/2021/07/E4.pdf> (date of access: 20.04.2025).

26. Mukherjee, A.; Agrawal, M. A global perspective of fine particulate matter pollution and its health effects. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* **2018**, *244*, 5–51. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/398_2017_3 (date of access: 22.03.2025)

27. Nigel I. J. Tucker, Tania Simmons. Restoring a rainforest habitat linkage in north Queensland: Donaghy's Corridor. *Ecological Management & Restoration* 10(2):98 – 112. 2009. URL: https://www.researchgate.net/publication/230075910_Restoring_a_rainforest_habitat_linkage_in_north_Queensland_Donaghy's_Corridor (date of access: 25.04.2025).

28. Pang, S. L., Chen, X., Xu, J. S., Zhaori, G. T., & Du, H. Y. (2022). Analysis on damage characteristics and detonation performance of solid rocket engine charge subjected to jet. *Defence Technology*, *18*(9), 1552-1562.

29. Pollution of Seym and Desna rivers in the Chernihiv region caused the wholesale death of fish i. *WWF-Україна* | *WWF-Ukraine*.

URL: <https://wwf.ua/en/?15193816/Pollution-of-Seym-and-Desna-rivers-Chernihiv-region-caused-the-wholesale-death-of-fish> (date of access: 11.03.2025).

30. Shrestha, R. G., Nakai, M., Inoue, D., & Ike, M. (2021). Potential for enhanced degradation and removal of various bisphenols by interaction between common reed (*Phragmites australis*) and microorganisms. *Journal of Water and Environment Technology*, 19(1), 13-23.

31. Soil ecosystem services, sustainability, valuation and management / P. Pereira et al. *Current Opinion in Environmental Science & Health*. 2018. Vol. 5. P. 7–13. URL: <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.12.003> (date of access: 24.03.2025).

32. Sydney City Rubbish. URL: <https://sydneycityrubbish.com.au/> (date of access: 12.04.2025).

33. Tavella, R. A., da Silva Júnior, F. M. R., Santos, M. A., Miraglia, S. G. E. K., & Pereira Filho, R. D. (2025). A Review of Air Pollution from Petroleum Refining and Petrochemical Industrial Complexes: Sources, Key Pollutants, Health Impacts, and Challenges. *ChemEngineering*, 9(1), 13. URL: <https://doi.org/10.3390/chemengineering9010013> (date of access: 15.04.2025).

34. The effects of modern war and military activities on biodiversity and the environment / M. J. Lawrence et al. *Environmental Reviews*. 2015. Vol. 23, no. 4. P. 443–460. URL: <https://doi.org/10.1139/er-2015-0039> (date of access: 07.01.2025).

35. The environment as the first victim: The impacts of the war on the preservation areas in Ukraine / W. L. Filho et al. *Journal of Environmental Management*. 2024. Vol. 364. P. 121399. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121399> (date of access: 04.01.2025).

36. The environmental health impacts of Russia's war on Ukraine / D. Hryhorczuk et al. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*. 2024. Vol. 19, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1186/s12995-023-00398-y> (date of access: 08.04.2025).

37. The European Green Deal. *European Commission*. URL: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en (date of access: 26.04.2025).

38. The Ukraine Facility. URL: <https://www.ukrainefacility.me.gov.ua/en/> (date of access: 26.04.2025).

39. Tony Blair Institute for Global Change (TBI). *Tony Blair Institute for Global Change (TBI)*. URL: <https://institute.global/> (date of access: 23.03.2025).

40. Toxicological Profile for RDX. *ATSDR's Toxicological Profiles*. 2012. URL: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp78.pdf> (date of access: 08.04.2025).

41. U.S. Environmental Protection Agency (EPA). *Natural Resource Damages: A Primer*. URL: <https://www.epa.gov/superfund/natural-resource-damages-primer#nrdas> (date of access: 20.04.2025).

42. *VEEP project*. URL: <http://www.veep-project.eu/> (date of access: 20.04.2025).

43. Verhoeven, D., Berkhout, E., Sewell, A., & van der Esch, S. (2024). The global cost of international commitments on land restoration. *Land Degradation & Development*, 35(16), 4864–4874. <https://doi.org/10.1002/ldr.5263> (date of access: 30.04.2025).

44. War and wildlife: linking armed conflict to conservation / K. M. Gaynor et al. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2016. Vol. 14, no. 10. P. 533–542. URL: <https://doi.org/10.1002/fee.1433> (date of access: 22.01.2025).

45. Zhang, W. T., Feng, Y. H., Zhou, Y. H., “Application analysis of ecological restoration technology in water and soil conservation in hydraulic engineering,” *Modern Salt Chemical Industry*, 2021, (5), 98 –99 (2021). URL: https://www.researchgate.net/publication/378803612_Application_of_Ecological_Restoration_Technologies_for_the_Improvement_of_Biodiversity_and_Ecosystem_in_the_River (date of access: 20.04.2025).

46. Актуальна інформація щодо забруднення на річках Сейм та Десна – Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України – офіційний сайт*. URL: <https://mepr.gov.ua/aktualna-informatsiya-shhodo-zabrudnennya-na-richkah-sejm-ta-desna/> (дата звернення: 13.03.2025).

47. Ангурець О., Хазан П., Колесникова К., Куш М., Чернохова М., Гавранек М. Україна, шкода довкіллю, екологічні наслідки війни. : електрон. наук.-попул. вид. / ГО «Центр екологічних ініціатив “Екодія”». – 2023. – 84 с. URL: <https://cleanair.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/cleanair.org.ua-war-damages-ua-version-04-low-res.pdf> (дата звернення: 12.02.2025).

48. Водно-болотні угіддя України. Довідник / Під ред. Марушевського Г. Б., Жарук І. С. — К.: Чорноморська програма Ветландс Інтернешнл, 2006. — 312 с. URL: <https://pernatidruzi.org.ua/books/ramsarukr.pdf> (дата звернення: 06.04.2025).

49. Генеральний штаб ЗСУ / General Staff of the Armed Forces of Ukraine. *Оперативна інформація станом на 20:00 26 лютого щодо російського вторгнення.* URL: <https://www.facebook.com/GeneralStaff.ua/posts/%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B0-%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F-%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%BC-%D0%BD%D0%B0-2000-26-%D0%BB%D1%8E%D1%82%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D1%89%D0%BE%D0%B4%D0%BE-%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B9%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D0%B2%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-opera/260131682966584/> (дата звернення: 13.04.2025).

50. Державна екологічна інспекція України URL: <https://www.dei.gov.ua/> (дата звернення : 20.02.2025).

51. Державна екологічна інспекція України. *26 млрд 28 млн 268 тис. грн – сума розрахованих збитків завданих довкіллю Чернігівської області воєнними діями з початку повномасштабної війни.* URL: <https://chernigiv.dei.gov.ua/post/1298> <https://www.dei.gov.ua/> (дата звернення : 29.04.2025).

52. Додаток до листа Департамент екології та природних ресурсів Чернігівської обласної державної адміністрації на виконання листа Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 30.10.2023 №25/6-24/16775-23.

53. Екологічний паспорт Чернігівської області за 2023 рік [Електронний ресурс]. — Чернігів: Департамент екології та природних ресурсів Чернігівської ОДА, 2023. — 364 с. URL: <https://eco.cg.gov.ua/index.php?id=15800&tp=1&pg=> (дата звернення: 01.01.2025).

54. Коротенко Д. О., Клименко Г. О. Вплив військових дій на атмосферу. Матеріали науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ : зб. наук. пр. — Суми : Сумський національний аграрний університет, 2023. — 642 с. URL: https://ur.snau.edu.ua/wp-content/uploads/2023/11/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB%D0%B8-%D0%9D%D0%9F%D0%9A_25_28_04_2023.pdf (дата звернення: 18.02.2025).

55. Міжнародна організація цивільної авіації URL: <https://www.icao.int/Pages/default.aspx> (date of access: 20.01.2025).

56. Оперативна інформація про надзвичайні ситуації техногенного, природного та іншого характеру на території Чернігівської області станом на 8:00 01 грудня 2024 року. *Головне управління ДСНС України у Чернігівській області*. URL: <https://cn.dsns.gov.ua/operational-information/dovidka-za-dobu/operativna-informaciia-pro-nadzvicaini-situaciyi-texnogenного-prirodnogo-ta-insogo-xarakteru-na-teritoriyi-cernigivskoyi-oblasti-stanom-na-800-01-grudnia-2024-roku> (дата звернення: 04.04.2025).

57. Природно-заповідний фонд Чернігівської області : довід. вид. / Департамент екології та природних ресурсів Чернігівської облдержадміністрації. — Чернігів, 2016. — 208 с. URL: https://cg.gov.ua/web_docs/1/2016/03/docs/kniga_pzf.pdf (дата звернення: 13.03.2025).

58. Про затвердження Методики визначення збитків, заподіяних внаслідок забруднення та/або засмічення вод, самовільного користування водними ресурсами : Наказ М-ва зах. довкілля та природ. ресурсів України від 21.07.2022 № 252 : станом на 25 груд. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0900-22#Text> (дата звернення: 30.04.2025).

59. 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 М-ва зах. довкілля та природ. ресурсів України від 04.04.2022 № 167. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0406-22#Text> (дата звернення: 30.04.2025).

60. Про затвердження Методики визначення шкоди та збитків, завданих територіям та об'єктам природно-заповідного фонду внаслідок збройної агресії Російської Федерації : Наказ М-ва зах. довкілля та природ. ресурсів України від 13.10.2022 № 424. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1416-22#Text> (дата звернення: 30.04.2025).

61. Про затвердження Методики визначення шкоди та збитків, заподіяних лісовому фонду внаслідок збройної агресії Російської Федерації : Наказ М-ва зах. довкілля та природ. ресурсів України від 05.10.2022 № 414 : станом на 21 верес. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1308-22#Text> (дата звернення: 30.04.2025).

62. 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 М-ва зах. довкілля та природ. ресурсів України від 13.04.2022 № 175. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0433-22#Text> (дата звернення: 30.04.2025).

63. Про затвердження Порядку здійснення першочергових заходів щодо знешкодження (знищення) вибухонебезпечних предметів на території України та

організації взаємодії під час їх виконання : Наказ М-ва внутр. справ України від 21.12.2022 № 833/443. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0014-23#Text> (дата звернення: 11.04.2025).

64. Чернігівська ОДА. *UNDP передала шістьом громадам Чернігівщини спецтехніку для управління відходами.* 2024. URL: <https://cg.gov.ua/index.php?id=493955&tp=page> (дата звернення: 13.04.2025).

65. *Чернігівщина втратила понад 20% ВВП через заміновані землі: що про це кажуть у прикордонних громадах області.* Департамент агропромислового розвитку Чернігівської обласної державної адміністрації. URL: <https://apk.cg.gov.ua/index.php> (дата звернення: 11.04.2025).

66. Щорічне видання російсько-українська війна: вплив на довкілля. 2-е видання – Київ: [Top Lead], 2024, С. 48 URL: <https://www.topleadprojects.com/ukrainian-war-in-ua-environment-2024> (дата звернення: 13.03.2025).