**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
**БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра загальної та прикладної екології і зоології**

**Кваліфікаційна робота**

**бакалавра**

на тему ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ

ECOLOGICAL ASPECTS OF BIODIVERSITY CONSERVATION

Виконала: студентка 4 курсу, групи 6.1012

спеціальності 101 Екологія

освітньо-професійної програми

Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування

Грабчилєва К. К.

Керівник доцент, доцент, к.б.н. Горбань В.В.

Рецензент доцент, доцент, к.с/г.н. Притула Н.М.

Запоріжжя – 2026

**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Біологічний факультет

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

Рівень вищої освіти бакалавр/магістр

Спеціальність 101 Екологія

Освітньо-професійна програма Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри загальної та прикладної
екології і зоології,
д.б.н., проф.
О.Ф. Рильський

«____» _____ 2026 року

**ЗАВДАННЯ**
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

Грабчилєвій Ксенії Костянтинівні
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Екологічні аспекти збереження біорізноманіття
керівник роботи Горбань Валерій Віталійович, к.б.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджена наказом ЗНУ від «5» січня 2026 р. № 08-С
2. Строк подання студентом роботи «____» _____ 20__ року
3. Вихідні дані до роботи: методичні матеріали, дані попередніх досліджень, особисті спостереження та експериментальні дослідження.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Проаналізувати сучасний стан біорізноманіття та основні загрози його збереженню; дослідити методи оцінки стану біорізноманіття та підходи до його моніторингу; здійснити порівняльний аналіз природоохоронної політики, механізмів збереження біорізноманіття та практик екологічного управління в Україні та Великій Британії; визначити перспективні напрями відновлення екосистем і вдосконалення природоохоронних заходів із використанням міжнародного досвіду.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 3 таблиці, 4 рисунки.

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ім’я, по-батькові та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|---|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| 4 | Воронова Н. В., доцент, к.б.н. | | |

7. Дата видачі завдання _____

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітки |
|---|---|---|---|
| 1. | Огляд літературних джерел. Написання відповідного розділу роботи. | 01.11.2025 – 31.01.2026 | Виконано |
| 2. | Вивчення, засвоєння методик дослідження. Написання відповідного розділу роботи. | 01.02.2026 – 28.02.2026 | Виконано |
| 3. | Засвоєння правил техніки безпеки під час виконання експериментальної частини. Написання відповідного розділу роботи. | 01.02.2026 – 28.02.2026 | Виконано |
| 4. | Проведення експериментальних досліджень. Оформлення результатів експерименту. | 01.03.2026 – 30.04.2026 | Виконано |
| 5. | Оформлення кваліфікаційної роботи. Передзахист роботи. | 18.05.2026 | Виконано |
| 6. | Рецензування кваліфікаційної роботи. | 19.05.2026 | Виконано |
| 7. | Захист кваліфікаційної роботи. | 18.06.2026 | Виконано |

Студентка _____ К.К. Грабчилєва

Керівник роботи _____ В.В. Горбань

**Нормоконтроль пройдено**

Нормоконтролер Н.М. Притула

# РЕФЕРАТ

У цій роботі 68 сторінки, 4 рисунки, 3 таблиці. Було використано 49 інформаційних джерел, із них 21 іноземною мовою.

Об’єктом дослідження є динаміка біологічного різноманіття та стан екосистем України в умовах екстремального антропогенного навантаження.

Предметом дослідження є екологічні аспекти, методи дистанційного екологічного моніторингу та механізми нормативно-правового забезпечення збереження біоти.

Були використані такі методи досліджень: загальнонаукові методи, теоретичні методи (теоретичний аналіз, синтез і систематизація наукової літератури, вивчення літературних джерел та аналіз наявних даних щодо стану екосистем), емпіричні методи (моніторинг, аналіз документів і джерел).

Метою роботи є комплексна оцінка стану біорізноманіття України в умовах воєнно-кліматичної кризи та обґрунтування механізмів його збереження шляхом адаптації британських інструментів.

Теоретично та практично визначено, що біорізноманіття України зазнає системного руйнування, де втрата генетичного та видового різноманіття призводить до дестабілізації екосистемних функцій і втрати природного капіталу. Доведено, що воєнні дії стали одним з головних факторів антропогенної трансформації. Обґрунтовано, що впровадження британського принципу Biodiversity Net Gain є ефективним інструментом «зеленого відновлення» України та її інтеграції до екологічного простору Європейського Союзу.

БІОРІЗНОМАНІТТЯ, МОНІТОРИНГ, АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ, ВІДНОВЛЕННЯ ПРИРОДИ, ВІДНОВЛЕННЯ ТЕРИТОРІЙ

# ABSTRACT

This work comprises 68 pages, 4 figures, and 3 tables. A total of 49 information sources were utilized, of which 21 were in foreign languages.

Research Object: The dynamics of biological diversity and the state of Ukraine's ecosystems under conditions of extreme anthropogenic pressure.

Research Subject: Ecological aspects, methods of remote ecological monitoring, and mechanisms of regulatory and legal provision for biota conservation.

Research Methods Applied: General scientific methods; theoretical methods (theoretical analysis, synthesis and systematization of scientific literature, study of literary sources and analysis of available data on ecosystem status); empirical methods (monitoring, analysis of documents and sources).

Research Objective: A comprehensive assessment of Ukraine's biodiversity status under military-climatic crisis conditions and justification of conservation mechanisms through adaptation of British instruments.

It has been theoretically and practically established that Ukraine's biodiversity is undergoing systematic destruction, wherein loss of genetic and species diversity leads to destabilization of ecosystem functions and loss of natural capital. It is proven that military operations have become one of the principal factors of anthropogenic transformation. It is substantiated that implementation of the British Biodiversity Net Gain (BNG) principle is an effective instrument for Ukraine's "green recovery" and its integration into the EU ecological space.

BIODIVERSITY, MONITORING, ANTHROPOGENIC IMPACT, NATURE RECOVERY, TERRITORIAL RESTORATION

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ ..... 7
ВСТУП ..... 8
1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ ..... 11
1.1 Біорізноманіття як основа функціонування екосистем ..... 11
1.2 Глобальні загрози біорізноманіттю та антропогенний вплив на екосистеми ..... 14
1.3 Функціональне значення біоти: екосистемні послуги та концепція природного капіталу ..... 17
1.4 Правова охорона природи: Бернська конвенція та розвиток Смарагдової мережі в Україні ..... 21
2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ..... 24
2.1 Інформаційна база дослідження біорізноманіття України ..... 24
2.2 Методи оцінки сучасного стану біорізноманіття ..... 27
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА ..... 33
3.1 Екологічні наслідки воєнних дій: деградація Смарагдової мережі та вплив руйнування Каховської ГЕС на біоту Півдня ..... 33
3.2 Сучасний стан та проблеми збереження біорізноманіття на прикладі біосферного заповідника Асканія-Нова ..... 39
3.3 Порівняльний аналіз підходів до збереження біорізноманіття в Україні та Великій Британії ..... 42
3.4 Перспективи використання британського досвіду для збереження та відновлення біорізноманіття України ..... 46
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ..... 50
ВИСНОВКИ ..... 60
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ..... 62
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ ..... 63

# ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ПЗФ – природно-заповідний фонд;

ГЕС – гідроелектростанція;

ДЗЗ – дистанційне зондування Землі;

ГІС – географічна інформаційна система;

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина;

ЮНЕСКО – Організація Об’єднаних Націй з питань освіти, науки і культури;

Copernicus – європейська програма моніторингу Землі;

Sentinel-2 – супутникова місія програми Copernicus;

PlanetScope – комерційна супутникова система дистанційного моніторингу;

Landsat – серія супутників дистанційного зондування Землі;

HTTPS – захищений протокол передачі гіпертексту (HyperText Transfer Protocol Secure);

E2E – наскрізне шифрування (End-to-End Encryption);

QGIS – геоінформаційна система з відкритим кодом (Quantum Geographic Information System);

Met Office – Національна метеорологічна служба Великої Британії;

BNG (Biodiversity Net Gain) – чистий приріст біорізноманіття;
NRN (Nature Recovery Network) – мережа відновлення природи.

# ВСТУП

*Актуальність проблеми.* Україна перебуває в епіцентрі екологічної кризи, спричиненої конвергенцією воєнного конфлікту та прискореного клімату, що набула значних масштабів з 2022 року. Війна завдає значної шкоди екосистемам та біорізноманіттю країни, зокрема через знищення місцезростань, забруднення водойм та знелюднення територій [1, 2]. Одночасно з цим, температура в Україні зросла на 1,5°C за останні 30 років, що втричі швидше, ніж глобальний середньосвітовий темп потепління [3].

Однією з найкатастрофічніших подій став підрив дамби Каховської гідроелектростанції 6 червня 2023 року, який став однією з найбільших екологічних катастроф десятиліття. Через цю подію було затоплено 620 км² суші, пошкоджено 333 000 гектарів природоохоронних територій та поставлено під загрозу існування 251 виду дикої флори і фауни, занесених до Червоної книги України та охоронюваних Бернською конвенцією [4, 5].

Крім того, 30% заповідних територій України зазнали деградації внаслідок бойових дій, а близько 176 000 км² території залишаються замінованими, що унеможливлює проведення екологічних досліджень та відновлювальних робіт [6]. Масштабні лісові пожежі, зокрема у біосферному заповіднику «Асканія-Нова», знищили понад 3 590 гектарів унікальних степових угруповань, занесених до міжнародних списків охорони. Ці явища призвели до системного руйнування ієрархічної структури біорізноманіття: втрата видового та генетичного різноманіття дестабілізує функціонування екосистем та спричиняє втрату природного капіталу України, оціненого в $350–450 млрд доларів [7].

Національна система моніторингу та оцінки стану біорізноманіття України, що здійснюється Міністерством екології та природних ресурсів України, продовжує збір та аналіз даних про стан екосистем та видового складу. Проте існуюча нормативно-правова база охорони природи, заснована

на застарілих радянських підходах та не має адаптивних механізмів для управління воєнними та кліматичними стресорами [8]. На відміну від цього, Велика Британія розробила передові інструменти збереження, зокрема систему Biodiversity Net Gain (BNG) та Nature Recovery Network (NRN), які засновані на принципах механізмів компенсації. Ці підходи були впроваджені з лютого 2024 року та демонструють значні результати у відновленні природного капіталу та можуть слугувати моделлю для «зеленого відновлення» України [9].

Таким чином, розробка комплексної стратегії збереження біорізноманіття України, адаптованої до нових реалій воєнно-кліматичної кризи та заснованої на кращому міжнародному досвіді, становить актуальне наукове та практичне завдання першорядної важливості.

*Мета кваліфікаційної роботи* – комплексна оцінка стану біорізноманіття України в умовах воєнно-кліматичної кризи та обґрунтування механізмів його збереження шляхом адаптації британських інструментів для розробки стратегії «зеленого відновлення» України.

Для досягнення поставленої мети були визначені такі *завдання:*

1. Здійснити комплексний теоретичний аналіз структури та функцій біорізноманіття як основи функціонування екосистем в умовах глобальних антропогенних впливів;
2. Оцінити прямий та опосередкований вплив воєнних дій та кліматичних змін на екосистеми України, зокрема через кількісний аналіз наслідків катастрофи на Каховській ГЕС;
3. Здійснити порівняльний аналіз природоохоронних підходів України та Великої Британії, розробити рекомендації щодо впровадження британських моделей для відновлення природного капіталу України.

*Об'єкт дослідження* – динаміка біологічного різноманіття та стан екосистем України в умовах екстремального антропогенного навантаження, спричиненого воєнним конфліктом та кліматичними змінами.

*Предмет дослідження* – екологічні аспекти, методи дистанційного екологічного моніторингу та механізми нормативно-правового забезпечення збереження біоти.

*Методи досліджень:* загальнонаукові методи, теоретичні методи (теоретичний аналіз, синтез і систематизація наукової літератури, вивчення літературних джерел та аналіз наявних даних щодо стану екосистем), емпіричні методи (моніторинг, аналіз документів і джерел).

Наукова новизна роботи полягає у тому, що була обґрунтовано необхідність переходу від охорони ізольованих ядер біорізноманіття до формування зв'язної Мережі відновлення природи (за зразком британської NRN) .

*Практична цінність* дослідження полягає у тому, що його результати можуть безпосередньо застосовуватися для:

- розробки національної стратегії «зеленого відновлення» та інтеграції України до екологічного простору ЄС;
- впровадження механізмів примусових компенсацій біорізноманіття під час реконструкції інфраструктури на деградованих землях;
- розроблення протоколів адаптивного управління екосистемами у постконфліктному контексті.

# 1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

## 1.1 Біорізноманіття як основа функціонування екосистем

Біологічне різноманіття – це комплексна характеристика живих систем, що виражається у варіативності організмів на всіх рівнях біологічної організації. Сучасна екологічна наука розглядає біорізноманіття як ієрархічну структуру, яка охоплює три взаємопов'язані компоненти: генетичне різноманіття, видове різноманіття та різноманіття екосистем [10].

На генетичному рівні різноманіття являє собою сукупність спадкових варіацій у межах популяцій та видів. Висока генетична мінливість служить матеріалом для природного добору, дозволяючи організмам адаптуватися до змін умов навколишнього середовища, включаючи спалахи паразитарних захворювань чи раптові кліматичні чинники [11]. Втрата генетичного матеріалу має незворотні наслідки для популяцій. Коли видова чисельність критично знижується, ізольовані популяції піддаються інбридингу (парування споріднених особин), що накопичує шкідливі рецесивні мутації та призводить до інбредної депресії. Результатом є зниження репродуктивної здатності, імунітету та загальної життєздатності [12].

Особливе значення мають реліктові види, оскільки це організми, що пережили кілька геологічних епох і збереглися лише в окремих, обмежених місцях існування. До них, зокрема, належать реліктові ялівці Криму або давні види молюсків, що збереглися у стародавніх озерах. Такі види є носіями унікальних еволюційних ліній та цінної філогенетичної інформації, яка формувалася протягом десятків мільйонів років. Втрата реліктових популяцій означає безповоротне зникнення частини генетичної спадщини, що має важливе значення для науки та розуміння історії розвитку біосфери.

На видовому рівні склад біоценозу безпосередньо впливає на те, наскільки ефективно в екосистемі відбувається передача енергії та кругообіг біогенних елементів. Численні екологічні дослідження демонструють прямий

зв'язок між видовим багатством та первинною продуктивністю природних комплексів [13]. Причина такого зв'язку полягає в тому, що видова різноманітність створює структурну складність, яка уможливлює використання більш широкого спектру екологічних ніш. У видово-багатому угрупованні кожний вид займає специфічну нішу, адаптуючись до певного діапазону енергії та ресурсів. Наприклад, у змішаному лісі одночасно існують види дерев з різною потребою у світлі (тіньотолерантні та світлолюбні), з різною кореневою системою (поверхневою та глибокою), з різними стратегіями розмноження. Це забезпечує повне використання доступних ресурсів та максимальну трансформацію сонячної енергії у біомасу [14].

З концепцією видового різноманіття пов'язане поняття функціональної надлишковості (англ. functional redundancy). Воно означає, що декілька видів можуть виконувати подібні екологічні функції в одній екосистемі [15]. Функціональна надлишковість діє як «страховка» для екосистеми: якщо один вид зникає через хворобу чи хижацтво, інші види здатні компенсувати втрачену функцію. Наприклад, якщо популяція однієї травоїдної риби скорочується через паразитизм, інші фітофаги можуть частково взяти на себе функцію контролю водної рослинності. Втім, функціональна надлишковість не є абсолютною: її межи залежать від ступеня видового спорідження та від того, наскільки виразно видова спеціалізація.

На екосистемному рівні різноманіття оселищ та екологічних процесів забезпечує замкненість біогеохімічних циклів та стійкість природних систем до зовнішніх збурень. Екосистемне різноманіття означає існування у межах певної території різних типів природних комплексів – лісів, степів, боліт, водойм, що різняться за структурою та функціональними характеристиками [16]. Здорові, різноманітні природні системи виконують ряд критичних регулюючих функцій. Ліси регулюють гідрологічний режим, уповільнюючи поверхневий стік та поповнюючи підземні водоносні горизонти. Болоста та мілководні водойми служать природними фільтрами, очищаючи воду від органічних забруднень та надлишкових поживних речовин. Ґрунтові біоценози

здійснюють мінералізацію органічної речовини, повертаючи поживні елементи у доступну форму для рослин [17].

Глобальна значущість лісових екосистем визначається їхньою роллю у регуляції клімату. За оцінками Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО), світові ліси поглинають приблизно 2,4 млрд тонн $CO_2$ щорічно, нейтралізуючи близько 25% річних антропогенних викидів парникових газів [18]. Цей процес реалізується через вуглецеву депозитацію – процес накопичення вуглецю у деревній біомасі та ґрунтах на десятиліття і століття.

Сучасні дослідження надали переконливі докази про критичну роль видового багатства у функціонуванні екосистем. Класичні експерименти, проведені в американських преріях та європейських лугах, показали, що ділянки з 16 видами рослин мали на 80% вище вуглецеве накопичення порівняно з монокультурними насадженнями [10]. Подібні результати отримані і для водних екосистем: видово-багаті річки демонструють вищу стійкість до забруднення та швидше відновлюються після навколишніх катаклізмів [19].

Також окремо варто зазначити, що експериментально доказано феномен так званих "трофічних каскадів" – ланцюгів неочікуваних змін у структурі біоценозу, що починаються зі зміни чисельності верхніх хижаків [10]. Класичним прикладом є введення вовків у Єллоустонський національний парк у 1990-х роках. Зникнення хижаків призвело до невконтрольованого зростання популяцій копитних, які надмірно випасали рослинність, особливо вербу та осику. Це, у свою чергу, зменшило запас корму для бобрів, що порушило гідрологічний режим річок. Повернення вовків не просто відновило популяції копитних – воно відновило весь ланцюг екологічних змін, враховуючи регуляцію водотоків та відновлення прибережної флори.

Збереження біорізноманіття має не лише екологічну, але й суттєву економічну цінність. Насамперед це стосується запилення сільськогосподарських культур. За даними Міжнародного оцінювального звіту

по запиленню (International Pollinator Assessment), понад 75% світових продовольчих культур залежать від діяльності комах-запилювачів – бджіл, метеликів, жуків, ос [20]. Річна економічна вартість послуг запилення оцінюється приблизно у 15 млрд дол. США. Різке скорочення популяцій дикорослих запилювачів у розвинених країнах (так зване явище "колапсу бджільництва") загрожує продовольчій безпеці глобальної спільноти.

Природні екосистеми служать також вагомим джерелом фармацевтичних інгредієнтів. За оцінками Світової організації охорони здоров'я (ВООЗ), понад 50% сучасних лікувальних препаратів містять активні речовини, походження яких пов'язане з видами дикої флори та фауни [21]. Багато перспективних речовин для боротьби з раком, вірусними інфекціями та нейродегенеративними хворобами досі не виділені, однак потенційно притаманні видам, які знаходяться під загрозою вимирання у тропічних лісах.

Біорізноманіття на всіх рівнях (генетичному, видовому та екосистемному) виконує невід'ємну функцію у підтриманні функціональної цілісності природних систем та забезпеченні екосистемних послуг, від яких залежить людське благополуччя. Втрата біотичного капіталу безпосередньо загрожує як біологічному різноманіттю, так і соціально-економічному благополуччю людської спільноти. Розуміння цих механізмів критично важливо для розроблення ефективних стратегій охорони природи та адаптації до глобальних змін.

## 1.2 Глобальні загрози біорізноманіттю та антропогенний вплив на екосистеми

Поточна екологічна ситуація на планеті характеризується критичним скороченням видового багатства. За оцінками міжнародних організацій, сучасні темпи вимирання у 100–1000 разів перевищують природний фоновий

показник [22]. Такий масштаб деградації біоти відповідає ознакам шостого голоценового вимирання – на відміну від п'яти попередніх геологічних криз, яке зумовлене виключно інтенсивною людською діяльністю.

Одним із ключових факторів деградації природних екосистем є руйнування та фрагментація оселищ (англ. habitat fragmentation) внаслідок розширення сільськогосподарських угідь та урбанізації. Сучасні оцінки свідчать, що лише чверть суходолу Землі залишається відносно вільною від безпосереднього впливу людини [23]. Поділ раніше цілісних екосистем на ізольовані фрагменти призводить до обмеження генетичного обміну між популяціями, що підвищує ризики генетичного збіднення та знижує адаптивний потенціал видів до змін умов довкілля.

Окремо варто виділити загрозу інвазійних видів, які через глобалізацію торгівлі, туризму та міжнародного транспорту проникають у нові екосистеми. Ці організми часто позбавлені природних ворогів у нових місцях, що дозволяє їм розповсюджуватися експоненціально, витісняючи аборигенні види. Інвазійні організми становлять причину приблизно 60% випадків локального вимирання місцевої біоти, завдаючи світовій економіці збитків у сотні мільярдів доларів щорічно через деградацію сільського, лісового господарства, та інфраструктури [24].

Глобальні кліматичні зміни виступають каталізатором екосистемних збурень, посилюючи дію інших антропогенних факторів та створюючи синергетичний ефект. На території України середня річна температура зросла на 1,5°C протягом останніх трьох десятиліть, що втричі перевищує глобальні темпи потепління та провокує висушування південних регіонів [5]. Прогнозоване подальше потепління на 3–4°C до кінця XXI століття може спричинити біогеографічний зсув природних зон у північному напрямку зі швидкістю до 400 км за століття.

Для України біологічне різноманіття зазнало екстремального навантаження внаслідок повномасштабної військової агресії, розпочатої у 2022 році. Збройні дії призвели до масштабного фізичного руйнування оселищ,

ландшафтних пожеж, хімічного забруднення ґрунтів та водних об'єктів продуктами вибухів, частинками важких металів та залишками військового озброєння. За офіційними даними Міністерства екології та природних ресурсів України, понад 30% заповідних територій країни зазнали прямого або опосередкованого деструктивного впливу [4].

Особливо критичною катастрофою став підрив гідроенергетичної системи Каховської ГЕС у червні 2023 року. Це водосховище служило місцем розмноження та зимівлі для десятків видів водоплавних птахів міжнародного значення, місцем нересту цінних видів риб та притулком для реліктових молюсків та ракоподібних. Катастрофа знищила унікальні екосистеми та одночасно поставила під загрозу вимирання популяцій щонайменше 251 виду флори та фауни [25]. Вихід води з водосховища площею 620 км² викликав екологічну дестабілізацію всього регіону.

Системне порушення структури природних угруповань внаслідок військово-кліматичних збурень призводить до каскадних змін у харчових ланцюгах та трофічних мережах. Коли ключовий вид (наприклад, основний запилювач у степових екосистемах або домінантна рослина у водній екосистемі) зникає внаслідок деградації оселища або прямого знищення, весь ланцюг живлення розривається. Хижаки, позбавлені головного джерела харчування, або мігрують, або вимирають, у результаті чого змінюється вся трофічна структура.

Економічні та соціальні наслідки такої деградації біорізноманіття оцінюються у понад 10 трильйонів доларів США щорічно, якщо враховувати втрачені екосистемні послуги, зменшення продукції сільського господарства, запасів поживних ресурсів та туристичної цінності природних об'єктів [26]. У контексті України, де економіка гостро залежить від експорту сільськогосподарської продукції та природних ресурсів, такі втрати набувають критичного національного значення. Розробка комплексних стратегій екологічного моніторингу, активного відновлення природи та адаптації до комбінованого впливу військово-кліматичних факторів виступає

першочерговим завданням національної екологічної політики та міжнародного співробітництва.

## 1.3 Функціональне значення біоти: екосистемні послуги та концепція природного капіталу

Біологічне різноманіття становить основу природного капіталу – сукупності запасів відновлюваних та невідновлюваних природних ресурсів, з яких формується потік незамінних благ та послуг для людства [18]. У межах сучасної екологічної теорії біота розглядається не лише як об'єкт охорони та естетичної цінності, а як активний функціональний регулятор біосферних процесів, що забезпечує довготривалу стабільність, саморегуляцію та резильєнтність екосистем перед зовнішніми збуреннями.

Поняття "екосистемні послуги" (англ. ecosystem services) позначає прямі та непрямі вклади природних систем у людське благополуччя. Цей термін набув поширення у міжнародній науці після опублікування у 2005 році Рамкової програми Оцінки екосистем тисячоліття ООН (Millennium Ecosystem Assessment, MA), яка класифікує екосистемні послуги на чотири основні функціональні категорії, кожна з яких демонструє специфічні механізми взаємодії біоти та людини [14].

Забезпечувальні послуги включають безпосереднє постачання матеріальних ресурсів з екосистем у господарський обіг людства. До цієї категорії належать: продовольство (культивовані рослини та дикі риби), чиста питна вода, деревина та целюлозні матеріали для промисловості, палива біологічного походження (торф, деревне вугілля, рослинне масло), генетичні матеріали для селекційних програм та фармакологічну сировину. Медичний аспект забезпечувальних послуг є критично важливим для глобальної системи охорони здоров'я: понад 50% від 25 000 офіційно зареєстрованих лікарських

препаратів мають природне походження або синтезовані на основі природних молекул, включаючи антибіотики (переважно з грибів), знеболювальні засоби (аспірин з кори верби), та засоби для лікування онкологічних захворювань (таксол з кори тихоокеанської тису). Втрата геному дикої біоти унеможливлює доступ до нових фармакопей, якими часто розпоряджаються лише рідкі релік-то-ві види у недостатньо вивчених географічних регіонах [10].

Регулювальні послуги визначають здатність екосистем амортизувати та компенсувати наслідки антропогенної трансформації, кліматичних аномалій та екстремальних погодних явищ, забезпечуючи умови для стійкого розвитку цивілізації. Лісові масиви (переважно первинні та старовікові ліси у тропічних регіонах та бореальній зоні) виконують роль глобального регуляторного механізму стримування потепління через довготривале накопичення вуглецю в біомасі та ґрунтах. Однією з найбільш критичних регулювальних послуг залишається запилення рослин комахами та іншими дрібними тваринами: за оцінками ООН, понад 75% видів культурних рослин у світі залежать принаймні частково від тваринних опилювачів, що робить біорізноманіття фундаментом глобальної продовольчої безпеки [11]. Ще однією суттєвою регулювальною послугою є роль водно-болотних угідь (боліт, річкових заплав, мангрових лісів) у циклі прісної води: вони забезпечують природну фільтрацію, адсорбцію забруднювачів та акумуляцію осадів, гарантуючи доступ до близько 75% світових запасів прісної води, хоча їхня площа в останні 30 років стрімко скорочується зі швидкістю 3% щорічно [12]. Крім того, різноманітні прибережні екосистеми (мангрові ліси, морські трави, коралові рифи) виконують функцію природних бар'єрів проти штормових нагонів та цунамі, захищаючи береги та населені пункти від екстремальних гідродинамічних явищ.

Підтримувальні послуги охоплюють фундаментальні екосистемні процеси, які служать підґрунтям для усіх інших категорій послуг і часто залишаються невидимими для пересічного спостерігача. До них належать: первинна продуктивність (акумуляція сонячної енергії зеленими рослинами та

хемосинтезуючими організмами), формування та збереження родючості ґрунтів (через накопичення органічної речовини та діяльність педологічної біоти), круговорот поживних речовин у припущенні, що біота мобілізує азот, фосфор, калій та мікроелементи з літосфери та біосфери, та трансформація сонячної енергії в біомасу, якою живляться усі трофічні ланцюги. Без цих послуг ніякі інші екосистемні функції неможливі [13].

Культурні послуги охоплюють нематеріальні цінності природи, які мають безпосередній вплив на психічне, фізичне та духовне благополуччя людей. До цієї категорії належать: рекреаційна цінність природних ландшафтів та парків, естетична цінність красивих видів та природних явищ, наукова цінність природних лабораторій для дослідження біологічних закономірностей, освітня цінність для підготовки молоді, культурна та історична спадщина природних об'єктів (священні місця, місця традиційних мисливсько-рибальських практик), а також духовна цінність для релігійних та філософських практик. Хоча ці послуги часто не враховуються у стандартних економічних розрахунках, вони залишаються критично важливими для соціального благополуччя, когнітивного розвитку дітей та запобігання психічним розладам у урбанізованих населених центрах [17].

Функціональна цілісність екосистем та їхня здатність надавати послуги прямо пропорційна внутрішній біорізноманітності. Сучасні дослідження стійкості демонструють, що більш диверсифіковані спільноти видів характеризуються вищою стабільністю і стійкістю (резильєнтність) перед різноманітними зовнішніми збуреннями – від посух та повеней до інвазій чужорідних видів та випадкових вибухів популяцій шкідників. Це явище називають гіпотезою забезпечення біорізноманіттям (англ. insurance hypothesis): надмірна різноманітність функціональних груп видів діє як природна гарантія проти непередбачуваних змін умов [18]. Втрата видів супроводжується систематичним послабленням таких гарантій та погіршенням функціональної надійності природних систем.

Економічні збитки від глобальної деградації природного капіталу та втрати екосистемних послуг оцінюються в науковій літературі у розмірі понад 10 трильйонів доларів США щорічно (з урахуванням прямих втрат сільськогосподарської продукції, медичних видатків, витрат на відновлення забруднених вод та боротьбу з природними катаклізмами). Ця висока оцінка, хоча й наближена та чутлива до методологічних припущень, підкреслює стратегічну необхідність переходу від моделей лінійної до циклічної економіки та впровадження моделей "зеленого відновлення" (англ. green recovery), що інтегрують збереження природного капіталу у процеси соціально-економічного розвитку [14].

Для України проблема збереження та відновлення екосистемних послуг набула екстремальної актуальності в контексті повномасштабного військового конфлікту, розпочатого у 2022 році. Масштабні ландшафтні пожежі у Чорнобильській зоні, Сумській та Харківській областях призвели до руйнування лісових екосистем та понад десяти тисяч квадратних кілометрів. Знищення гідроекосистем Південного регіону, особливо внаслідок катастрофи на Каховській ГЕС, фактично припинило надання критичних регулювальних послуг – водорегулювання, накопичення фосфорних запасів та підтримання біорізноманіття водоплавних птахів. Віддаленість фронту від значних лісових масивів у центрі та півночі країни поки що обмежила масштаби руйнувань там, однак моніторинг показує небезпеку погіршення екологічної ситуації в цих регіонах у разі розширення військових операцій [1].

Відновлення функціональної цілісності природних комплексів у постконфліктній Україні потребує впровадження інноваційних фінансових та інституціональних механізмів. Серед найперспективніших підходів слід виділити: механізми вуглецевого кредитування (за якими власники лісів отримують платежі за накопичення та збереження вуглецю), запровадження розвинених ринків екосистемних послуг (де екосистемні вигоди мають грошову оцінку та можуть торгуватися на спеціалізованих біржах), інтеграцію оцінки природного капіталу у національні рахунки та економічне планування,

а також міжнародне співробітництво у висадженні дерев та відновленні пошкоджених водних об'єктів. Такі механізми дозволять конвертувати екологічну цінність природи у реальні грошові потоки та інституціональні стимули, що сприятиме інтеграції екологічних цілей у процеси післявоєнної економічної та соціальної трансформації України [8].

## 1.4 Правова охорона природи: Бернська конвенція та розвиток Смарагдової мережі в Україні

Правова охорона біорізноманіття на міжнародному рівні регулюється комплексом договорів, центральним з яких є Конвенція про охорону дикої флори та фауни і природних середовищ існування в Європі (Бернська конвенція, 1979). Цей документ спрямований на захист рідкісних і вразливих видів та їхніх оселищ у межах Європейського континенту та встановлює взаємні зобов'язання держав щодо збереження природного капіталу та гарантує міжнародне визнання пріоритетності екологічних цілей у державній політиці держав-учасниць. Головним практичним механізмом реалізації Бернської конвенції є формування Смарагдової мережі (англ. Emerald Network) – континентальної системи територій особливого природоохоронного інтересу (англ. Areas of Special Conservation Interest, ASCI). Під терміном "територія особливого природоохоронного інтересу" розуміють адміністративно визначені ділянки земель або водойм, у межах яких зосереджені рідкісні видові асоціації, критичні місця розмноження мігруючих видів або унікальні геоморфологічні формацій, які потребують спеціального режиму охорони та вилучення з господарського використання [26].

Україна ратифікувала Бернську конвенцію у 1999 році, що зумовило необхідність впровадження скоординованої системи охорони рідкісних видів та їхніх оселищ у межах національної території. Смарагдова мережа являє

собою перший європейський механізм трансмережевої природоохоронної кооперації, що дозволяє синхронізувати зусилля окремих країн щодо збереження спільних видів і екосистем, переважно мігруючих птахів, великих хижаків та видів з лімітованими ареалами. Для України впровадження Смарагдової мережі набуло особливого значення у контексті розповсюдження реліктових видів та зон біогеографічного контакту. Територія країни охоплює межу між атлантичними, континентальними та середземноморськими біогеографічними регіонами Європи, що робить її природні угіддя критично важливими для збереження видового багатства на континентальному рівні. За офіційними даними, на території України виявлено близько 333 територій особливого природоохоронного інтересу, які мають бути включені до складу мережі. Критичні території включають Каркінітську затоку (місце зимівлі мільйонів водоплавних птахів), комплекс придніпровських боліт (оселище європейського крейцерника та світлячка блакитного), степові масиви в Запорізькій та Донецькій областях та лісостепові дібровні комплекси у Поліссі [27].

Окремо варто наголосити на важливості запровадження Директиви Європейського Союзу про збереження природних оселищ та дикої флори та фауни (т. зв. "Директива про оселища", 92/43/ЄЕС), яка встановлює детальні критерії охорони видів та екосистем на території членів та асоційованих держав ЄС. Ця директива спрямована на побудову цілісної мережі охоронюваних територій, що забезпечують безперервність природних екосистем та міграційних коридорів для фауни, а також забороняє знищення або серйозне пошкодження оселищ видів, включених до переліку охоронюваних. Її адаптація до українського законодавства є передумовою для того, щоб посилити правовий захист унікальних природних комплексів у період військового конфлікту та невизначеності щодо подальшого розвитку екосистем. Вже у 2023 році Україна розпочала процес гармонізації національного природоохоронного законодавства із стандартами ЄС як частину асоціаційної угоди, що передбачає передачу до компетенції

екологічних органів розширених повноважень щодо примусового припинення господарської діяльності, яка загрожує оселищам охоронюваних видів [28].

Україна також активно бере участь у виконанні вимог Конвенції про міжнародну торгівлю видами дикої флори та фауни, що перебувають під загрозою знищення (CITES, 1973), яка регулює міжнародну торгівлю зникаючими видами та попереджає їх комерційне вилучення з природи. Чисельні вітчизняні синтаксони вишневого лісу, популяції європейського вовка (Canis lupus lupus) та степових орланів зареєстровані у додатках CITES, що потребує постійного моніторингу та правової охорони. Проте війна у 2022–2023 роках виявила вразливість системи моніторингу: браконьєрство у військовій зоні досягло критичних масштабів, а заповідні території часто скорочені у своїй функціональності через мінування та контамінацію важкими металами [28].

На національному рівні правова охорона біорізноманіття регулюється Законом України "Про охорону навколишнього природного середовища" (1991, з подальшими змінами), спеціалізованими законами про охорону рослин, тварин та заповідну справу, а також розпорядженнями Кабінету Міністрів щодо організації природно-заповідного фонду. Природно-заповідний фонд України у 2023 році охоплював понад 8,3 млн гектарів, або близько 13,7% території держави, розподіленої серед 8 категорій охоронюваних територій (від національних природних парків найвищого рівня охорони до пам'яток природи локального значення). Однак військова агресія та деградація заповідних територій виявили серйозні прогалини у системі моніторингу та правовиконання. Забруднення мінами та хімічні забруднення ґрунтів унеможливлюють виконання природоохоронних функцій навіть на територіях, офіційно визнаних заповідними, що демонструє гостру необхідність розробки міжнародного механізму компенсації за екологічні збитки як у контексті Женевської конвенції, так і через механізми екологічного правосуддя ООН [28].

# 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 2.1 Інформаційна база дослідження біорізноманіття України

Формування об'єктивної інформаційної бази для комплексного аналізу стану біорізноманіття України в умовах гібридної загрози, спричиненої одночасним впливом військового конфлікту та кліматичних змін, вимагає системної інтеграції різнопланових джерел даних на кількох рівнях просторового та часового масштабування. Фундаментальну основу дослідження становлять офіційні матеріали Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, включаючи щорічні статистичні звіти про стан навколишнього природного середовища, державні кадастри та реєстри територій і об'єктів природно-заповідного фонду, нормативні дані Червоної та Зеленої книг України з описом видового складу та охоронного статусу [29]. Важливою складовою інформаційного забезпечення є ресурси Смарагдової мережі (Areas of Special Conservation Interest, ASCI) та звіти міжнародних природоохоронних ініціатив, зокрема проекту EU4 Environment при Програмі розвитку ООН та аналітичних матеріалів Світового банку, що об'єднують актуальні дані про стан оселищ міжнародного значення та трансграничних екосистем [30].

Однак у контексті воєнного конфлікту традиційні методи наземного обстеження біорізноманіття виявляються практично неможливими. Значна частина південних територій України залишається недоступною для дослідників через активні бойові дії та надзвичайно високий рівень мінної небезпеки: за оцінками Міністерства внутрішніх справ, заміновано близько 176 тисяч квадратних кілометрів території, включаючи критичні біотопи та природоохоронні ділянки [2]. Це визначило необхідність розроблення та впровадження альтернативного методичного підходу, заснованого на дистанційному зондуванні Землі (ДЗЗ). В межах дослідження використовувалися багатоспектральні супутникові знімки високої та середньої

роздільної здатності з платформ Sentinel-2 (Європейська програма Copernicus, вільного доступу), PlanetScope (для детального картування локальних змін рослинного покриву), а також архівні та оперативні матеріали Landsat 8–9 (USGS) для часових рядів, охоплюючих період 2020–2024 років [30]. Цей комплексний масив супутникової інформації дозволив проводити оперативний багаточасовий аналіз просторових змін у структурі біотопів, ідентифікувати екологічні порушення (межі затоплених територій, межі згарищ, знищення рослинності), верифікувати межі пошкоджень екосистем без наражання дослідників фізичним загрозам та військовій небезпеці.

База даних ДЗЗ була доповнена оперативною інформацією з високоспеціалізованих моніторингових платформ: системи раннього попередження «ЕкоЗагроза», розробленої громадським сектором для фіксації в реальному часі екологічних злочинів та техногенних катастроф, а також геоінформаційної бази даних «Ecodozor», яка забезпечує детальну просторову візуалізацію пошкоджень екосистем, забруднень водойм та знищення рослинного покриву безпосередньо в зоні контакту збройних сил [29]. Таке поєднання глобальних супутникових мереж з локальними громадянськими системами моніторингу сприяє забезпеченню актуальності та надійності інформаційної бази.

Для кількісної оцінки наслідків найбільших екологічних катастроф воєнного періоду, зокрема підриву гребель Каховської гідроелектростанції у червні 2023 року, було залучено спеціалізовані аналітичні звіти міжнародної коаліції громадських організацій «Україна. П'ята ранку», науково-дослідницькі матеріали ресурсно-аналітичного центру «Суспільство і довкілля» та експертні матеріали програми WWF-Україна з вивчення впливу на водні та прибережні екосистеми [12]. Ці джерела містять детально верифіковані дані щодо розміру території, затопленої морською хвилею (620 км² суші із критичними оселищами рідкісних видів), площі природоохоронних й екологічно цінних територій, пошкоджених водою та замуленням (333 тисячі гектарів), кількісного складу видів диких тварин і рослин, популяції яких

потрапили під критичний ризик (251 вид, включаючи занесених до Європейського Червоного списку) [25].

Інтенсивне окупаційне вогнепалення та мінування зумовили не тільки пошкодження екосистем, а й виникнення масштабних природних пожеж у місцях концентрації боєприпасів та військової інфраструктури. Детальний аналіз деградації рослинного покриву на території біосферного заповідника «Асканія-Нова» (об'єкту ЮНЕСКО) базується на верифікованих даних супутникового моніторингу з використанням високороздільних знімків PlanetScope за період 2022–2024 років, які зафіксували сім масштабних пожеж на сумарній площі понад 3590 гектарів унікальних степів, наслідки яких залишаються видимими в багатоспектральних даних навіть після частково природного відновлення рослинного покриву [18].

Прогностична та адаптаційна частина дослідження, спрямована на оцінку стійкості біотопів до майбутніх кліматичних змін, базується на наукових розробках Національної метеорологічної служби Великої Британії (Met Office Hadley Centre), офіційних звітах Міжурядової групи експертів зі змін клімату (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Assessment Report 6) та оцінках Українського кліматичного офісу при Міністерстві енергетики України [4-5]. Ці матеріали дозволяють врахувати емпірично зафіксований темп потепління на території України на 1,5°C за останні 30 років (темп, що у 2,8–3,2 раза вищий за глобальне середнього значення) та моделювати найбільш ймовірні біогеографічні зміщення природних зон та ареалів видів на північний напрямок впродовж наступних десятиліть [18].

Статистичну валідацію та наукову аргументованість отриманих результатів забезпечують публікації провідних установ Національної академії наук України (Інститут екології та сталого розвитку, Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка), а також критичні аналізи міжнародної дослідницької мережі Conflict and Environment Observatory (CEOBS) з вивчення причинно-наслідкових зв'язків між збройними конфліктами, деградацією ґрунтів, втратою георізноманіття та біотичних ресурсів [33–34].

Під час формування інформаційної бази дослідження для пошуку та відбору наукових джерел використовувалися цифрові інформаційно-аналітичні ресурси, зокрема Google Scholar та NotebookLM. Google Scholar застосовувався для пошуку рецензованих наукових статей, монографій, матеріалів конференцій і звітів міжнародних організацій, що стосуються проблем збереження біорізноманіття, екологічних наслідків воєнних дій та змін клімату. NotebookLM використовувався як допоміжний інструмент для систематизації літературних джерел, узагальнення ключових положень та порівняльного аналізу інформації з різних документів. Усі відібрані матеріали додатково перевірялися за першоджерелами та включалися до дослідження лише після критичної оцінки їх наукової достовірності та актуальності.

Використання такої багатокомпонентної та міждисциплінарної інформаційної бази, що об'єднує 49 первинних і вторинних джерел даних (з яких 21 опубліковано іноземними мовами у рецензованих виданнях або підготовлено міжнародними організаціями), забезпечує високу репрезентативність та надійність результатів дослідження й дозволяє сформулювати науково обґрунтовані практичні рекомендації щодо реалізації стратегії «зеленого відновлення» та відновлення природного капіталу України в післявоєнний період.

## 2.2 Методи оцінки сучасного стану біорізноманіття

Оцінювання стану біорізноманіття в сучасних умовах вимагає розроблення інтегрованої методологічної системи, яка поєднує класичні польові дослідження з передовими цифровими технологіями, геоінформаційним аналізом та математичним моделюванням екосистемних процесів. Однак екстремальні обставини роблять традиційне наземне обстеження практично неможливим та антропогенно небезпечним. Це обумовило необхідність

переорієнтації методичного арсеналу на безконтактні та дистанційні підходи, які дозволяють отримувати об'єктивні геопросторові та біофізичні дані без нараження дослідників до фізичних загроз та хіміко-радіаційного навантаження [6–8].

Фундаментальною методикою дослідження виступає дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) – набір методик, що базуються на супутниковому та дронному спостереженні земної поверхні з використанням електромагнітного випромінювання різних спектральних діапазонів. В межах дослідження задіяні багатоспектральні знімки високої та середньої роздільної здатності з європейської програми Copernicus (платформа Sentinel-2, вільного доступу), високорезолюційні комерційні матеріали PlanetScope, а також архівні та оперативні знімки американської програми USGS Landsat 8–9, які утворюють безперервні часові ряди за період 2020–2024 років [35]. Синхронізований аналіз знімків, які були зроблені протягом певного часу, дозволяє проводити оперативний моніторинг просторових змін у структурі рослинного покриву, ідентифікувати межі екологічних порушень (затоплені території, згарища, ділянки повної деградації рослинності), верифікувати наслідки воєнних операцій та картувати зони найбільшого ризику для біорізноманіття без залучення наземного персоналу [35].

Для кількісного аналізу та об'єктивної інтерпретації спектральної інформації застосовуються спеціалізовані математичні індекси, розраховані на базі комбінованих значень яскравості в різних довжинах хвиль. Нормалізований диференційний вегетаційний індекс (NDVI – Normalized Difference Vegetation Index) обчислюється за формулою (2.1):

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED), \quad (2.1)$$

де NIR та RED – це значення яскравості у близькій інфрачервоній та червоній зонах спектру відповідно [36]. NDVI є чутливим показником фотосинтетичної активності рослин та дозволяє прямо оцінювати втрати

біомаси в результаті військових операцій, пожеж або екстремальних кліматичних явищ; значення NDVI в межах 0,6–0,9 вказує на здоровий та продуктивний рослинний покрив, тоді як від'ємні та близькі до нуля значення сигналізують про голий ґрунт або водні поверхні. Нормалізований індекс вигоряння (NBR – Normalized Burn Ratio) обчислюється за формулою (2.2):

$$NBR = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR), \quad (2.2)$$

де SWIR − це короткохвильова інфрачервона зона спектру, чутлива до вугілля та гідратованих мінералів, що залишаються після пожеж [36]. NBR є високоспеціалізованим інструментом для картографування площ згарищ та кількісної оцінки ступеня термічної деградації степових і лісових оселищ, особливо в зонах концентрації боєприпасів та військової інфраструктури, де природні пожежі виникають з підвищеною частотою.

Геоінформаційні системи (ГІС) функціонують як інтеграційна платформа для збору, обробки, аналізу та просторової візуалізації багатовимірних даних про природні та антропогенні явища. За допомогою відкритого програмного забезпечення QGIS та хмарної обчислювальної платформи Google Earth Engine здійснюється накладання багатошарових цифрових карт, що дозволяє зіставляти просторові межі об'єктів Смарагдової мережі (Areas of Special Conservation Interest, ASCI) з картами зон активних бойових дій, розповсюдження пожеж, замінованих територій та даних про хіміко-радіаційне забруднення [36]. Така багатошарова аналітика створює основу для побудови прогностичних 3D-моделей сукцесійних процесів та екосистемної регенерації, а також дозволяє змоделювати ймовірні сценарії міграції видів у відповідь на постійну антропогенну трансформацію ландшафтів та абіотичних умов середовища [9].

Для об'єктивної статистичної оцінки вертикальної та горизонтальної структури біорізноманіття застосовуються математичні індекси змішаності та

різноманіття. Індекс видового багатства Маргалефа (D_Mg) розраховується за формулою (2.3):

$$D_Mg = (S - 1) / ln(N), \quad (2.3)$$

де S число виявлених видів, а N − загальна кількість особин у вибірці або досліджуваній популяції [10]. Цей індекс дозволяє порівняти видове багатство між ділянками різного розміру та з різною чисельністю організмів, нівелюючи вплив вибіркової неоднорідності. Індекс Менхініка розраховується за формулою (2.4):

$$D_Mn = S / \sqrt{N}, \quad (2.4)$$

і використовується для порівняльної оцінки видового різноманіття на послідовних стадіях природного відновлення та регенерації природних комплексів після деградації або катастрофічних подій, оскільки цей показник є менш залежним від розміру вибірки ніж індекс Маргалефа [36].

Метод біоіндикації застосовується як альтернативна або доповнювальна методика для оцінки інтегрального стану середовища та його довгострокових змін. Ліхеноіндикація – це дослідження видового складу та кількісного розвитку лишайників у межах певної ділянки; лишайники як симбіотичні комплекси водорості та грибка характеризуються екстраординарною чутливістю до токсичного атмосферного навантаження, особливо до діоксиду сірки, оксидів азоту та важких металів, що зумовлює їх широке використання як "живих монаторів" якості повітря [12]. Бріоіндикація – це дослідження видового та кількісного складу мохів, які, подібно до лишайників, є вельми чутливими до накопичення важких металів у ґрунтах та поверхневих водах та відображають хронічні багаторічні зміни в забруднені середовища, які важко або неможливо зафіксувати короткостроковими приладовими вимірюваннями [13]. Обидва ці методи біоіндикації забезпечують додаткову валідацію

результатів дистанційного зондування та дозволяють виявити токсичні ефекти в зонах поза активними бойовими діяннями.

Інноваційні методичні підходи, що застосовуються в межах дослідження, включають екологічну ДНК-діагностику та лазерне сканування. Екологічна ДНК (environmental DNA) – це молекулярний метод, який базується на ідентифікації видів за генетичними слідами та фрагментами ДНК, що потрапляють у проби води, ґрунту або повітря від живих організмів [14]. Цей метод є критично важливим для завдань мікробіологічного та гідробіологічного моніторингу на замінованих та недоступних ділянках, оскільки дозволяє отримувати репрезентативні видові списки водної та грунтової мікро- та макрофауни без прямого контакту з навколишнім середовищем.

Лідарне (лазерне) сканування – LiDAR (Light Detection and Ranging) являє собою активну дистанційнозондувальну технологію, яка використовує коротки лазерні імпульси для вимірювання відстаней та побудови тривимірних моделей земної поверхні та рослинного покриву [17]. Застосування LiDAR з дронних платформ дозволяє детально визначити вертикальну структуру лісів, виявити приховані або важкодоступні пошкодження під щільною кроною дерев, та оцінити запаси вуглецю в наземній біомасі, що є ключовим показником екосистемної стійкості та потенціалу регенерації.

Також для аналізу перспектив впровадження механізму Biodiversity Net Gain (BNG) в Україні використано метод SWOT-аналізу. Метод передбачає оцінювання сильних і слабких сторін досліджуваного підходу, а також зовнішніх можливостей і загроз його реалізації. SWOT-аналіз дозволяє комплексно оцінити доцільність адаптації британського досвіду до умов післявоєнного відновлення та сформувати обґрунтовані рекомендації щодо його практичного застосування в Україні.

Комплексне та системне поєднання зазначених методичних підходів (дистанційного зондування, ГІС-аналізу, математичних індексів біорізноманіття, біоіндикаційних досліджень, eDNA-діагностики та LiDAR-

сканування) забезпечує наукову об'єктивність, просторову репрезентативність та часову динаміку оцінок стану біорізноманіття України в період воєнного конфлікту. Такий комплексний методичний арсенал дозволяє перейти від простої реєстрації збитків та втрат видового складу до розробки науково обґрунтованих та геопросторово конкретизованих стратегій "зеленого відновлення", екосистемної реконструкції та сталого природокористування в період постконфліктної відбудови [16].

# 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

## 3.1 Екологічні наслідки воєнних дій: деградація Смарагдової мережі та вплив руйнування Каховської ГЕС на біоту Півдня

У межах виконання кваліфікаційної роботи мною було проведено аналіз впливу воєнних дій та кліматичних змін на стан біорізноманіття України. Для дослідження використовувалися матеріали дистанційного зондування Землі, супутникові знімки Sentinel-2 та Landsat, офіційні звіти природоохоронних організацій, наукові публікації та відкриті геоінформаційні дані. Особливу увагу було приділено територіям Смарагдової мережі України, які є важливими осередками збереження рідкісних видів та природних оселищ.

Результати дослідження показали, що повномасштабна війна стала одним із найпотужніших чинників антропогенної трансформації природних екосистем за всю історію незалежної України. При цьому негативний вплив воєнних дій посилюється сучасними кліматичними змінами, зокрема підвищенням середньорічних температур, тривалими посушливими періодами та збільшенням ризику виникнення масштабних пожеж. Поєднання цих факторів призводить до зниження стійкості природних екосистем і суттєво ускладнює їх природне відновлення.

У процесі роботи було створено карту-інфографіку ураження об'єктів Смарагдової мережі України за 2024–2025 роки (рис. 3.1). Для її побудови використовувалися дані про райони бойових дій, осередки пожеж, зони мінного забруднення та території безпосереднього впливу військової діяльності. За результатами проведеного аналізу встановлено, що різного ступеня пошкодження зазнали близько 47 % об'єктів Смарагдової мережі, що становить орієнтовно 250 природоохоронних територій загальною площею понад 7,2 млн га.




Рисунок 3.1 – Карта-інфографіка ураження об’єктів Смарагдової мережі (теплова легенда: «частково / суттєво / критично»), 2024–2025 рр., створена з використанням інструментів Canva та Figma на основі узагальнення та візуалізації даних із джерел [6-9, 39–40].

Дослідження показало, що найбільш поширеними причинами деградації природних оселищ стали масштабні ландшафтні пожежі, механічне руйнування територій внаслідок бойових дій, мінне забруднення та фрагментація екологічних коридорів. Особливо помітними ці процеси є на сході та півдні України, де природні комплекси зазнали значного фізичного пошкодження. У результаті утворюються території з порушеним ґрунтовим покривом, зміненим рельєфом та зниженим рівнем біологічної різноманітності. Такі ландшафти характеризуються сповільненими процесами природного відновлення та потребують тривалого періоду рекультивації.

Також окрему увагу в роботі приділено аналізу наслідків руйнування Каховської ГЕС 6 червня 2023 року. Для оцінки масштабів змін було використано серію супутникових знімків території до та після катастрофи.

Отримані матеріали дозволили простежити динаміку трансформації екосистем у зоні колишнього Каховського водосховища та прилеглих територіях. Зокрема, на рисунку 3.2 наведено супутникові знімки території Каховського водосховища станом на 5 та 20 червня 2023 року, які наочно демонструють масштаби осушення водойми вже через два тижні після руйнування греблі.




Рисунок 3.2 – Супутникові знімки території Каховського водосховища до (05.06.2023) та після (20.06.2023) руйнування Каховської ГЕС. Джерело: супутникові дані Planet Labs PBC [41].

Аналіз цих зображень свідчить про стрімку зміну гідрологічного режиму та появу значних площ оголеного дна водосховища. Встановлено, що внаслідок руйнування греблі відбулося затоплення значних площ суходолу, змінилися умови існування водно-болотних угідь, а також були порушені природні місця існування багатьох видів рослин і тварин.

Під час дослідження наслідків руйнування Каховської ГЕС особливу увагу було приділено змінам у структурі природних комплексів та стані біорізноманіття. Аналіз наукових джерел, матеріалів дистанційного зондування та результатів польових спостережень інших дослідників показав, що найбільших втрат зазнали види, пов'язані з водними та водно-болотними екосистемами. Насамперед це стосується водоплавних птахів, риб та інших організмів, життєвий цикл яких безпосередньо залежить від стабільного гідрологічного режиму. Значного негативного впливу також зазнали заплавні ліси, прибережні чагарникові угруповання та природні луки, які виконували важливі екосистемні функції у долині Дніпра.

Для оцінки масштабів трансформації біотопів було проаналізовано структуру природних комплексів території колишнього Каховського водосховища. Отримані результати свідчать, що до створення водосховища у 1950-х роках на цій території існувало 33 типи біотопів. Із них 20 типів належали до оселищ, що підлягають охороні відповідно до Резолюції 4 Бернської конвенції. Це підтверджує високу природоохоронну цінність історичних екосистем Великого Лугу та прилеглих територій. Узагальнені результати, наведені в таблиці 3.1, свідчать про те, що сучасне відновлення біорізноманіття на території колишнього Каховського водосховища є лише частковим аналогом історичного природного стану.

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика трансформації біотопів долини р. Дніпра (1955–2024 рр.)

| Показник порівняння | Природний стан (до 1955 р.) | Сучасний стан (2023–2024 рр.) | Характеристика змін |
|---|---|---|---|
| Загальна кількість типів біотопів | 32 типи | 12 типів | Відновлено лише 37,5% історичного різноманіття. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Оселища Резолюції 4 Бернської конвенції | 20 типів | 8 типів | Скорочення охоронного потенціалу у 2,5 раза. |
| Площа відкритої водної поверхні | Базове русло та стариці | Збільшена у 1955–2023 рр. | До руйнування ГЕС площа була у 8,7 раза більшою за природну. |
| Наявність нових (нетипових) біотопів | – | 5 типів | Поява мулистих та черепашкових відкладів (донні екосистеми). |
| Гідрологічний режим | Повний спектр реофільних умов | Початкова стадія відновлення | Перехід від штучного водосховища до природних сукцесій. |

Примітка: створено автором на основі джерел [1, 42]

Аналіз супутникових знімків 2023–2024 років показав, що після осушення водосховища на його дні почали активно формуватися нові природні комплекси. За цей період було зафіксовано 13 типів біотопів, серед яких 5 є новими для цієї території та не були представлені тут до створення водосховища. Серед них переважають донні екосистеми, трансформовані водно-болотні угруповання та синантропні біотопи, формування яких стало наслідком різкої зміни гідрологічного режиму. Водночас 8 із виявлених типів біотопів також мають природоохоронне значення та відповідають категоріям, визначеним Бернською конвенцією.

На рисунку 3.3 наведено порівняння природних комплексів за кількістю біотопів, які існували до створення Каховського водосховища, відновлюються після його руйнування та сформувалися вперше внаслідок сучасних сукцесійних процесів.

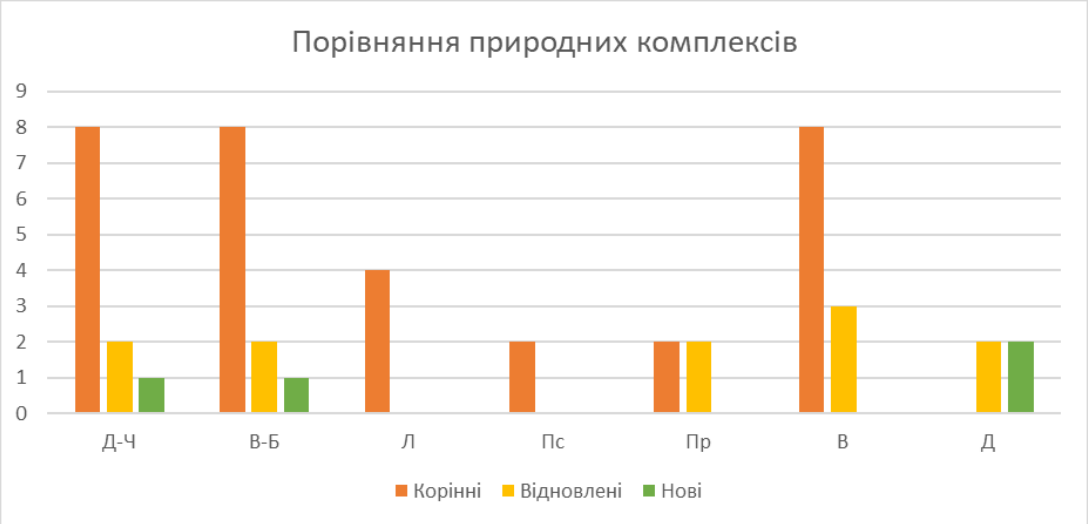



Рисунок 3.3 – Порівняння природних комплексів за кількістю біотопів: корінних, що існували до створення Каховського водосховища у 1950-х роках, таких, що відновлюються у 2023–2024 роках та нових біотопів, що не були представлені на цій території до створення водосховища: Д-Ч – деревно-чагарниковий природний комплекс, В-Б – водно-болотний, Л – лучний, Пс – псамофітний, Пр –петрофітний, В – водний, Д – донний [42].

Порівняння сучасного стану території з історичними даними свідчить про суттєве скорочення різноманіття деревно-чагарникових, водно-болотних і водних природних комплексів. На сьогодні процеси природного відновлення тривають, однак їхній напрям значно відрізняється від історичних умов існування екосистем. Це дає підстави припускати, що частина біотопів, які існували до створення Каховського водосховища, може не відновитися навіть у довгостроковій перспективі. Саме тому територія колишнього водосховища потребує подальшого моніторингу із застосуванням сучасних геоінформаційних технологій, дистанційного зондування Землі та картографічного аналізу.

Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити висновок, що руйнування Каховської ГЕС спричинило не лише короткочасні екологічні наслідки, а й довготривалі зміни функціонування екосистем Півдня України. Зниження рівня ґрунтових вод, порушення систем зрошення та підвищення

ризику аридизації можуть суттєво впливати на стан біорізноманіття регіону в майбутньому. Водночас природні процеси, які сьогодні відбуваються на території колишнього водосховища, свідчать про формування нових екосистем, що потребують подальшого наукового моніторингу.

Отримані результати підтверджують, що біота Півдня України та оселища Смарагдової мережі переходять у режим тривалої деградації під впливом одночасних воєнних і кліматичних факторів. У такій ситуації стратегія відновлення не може зводитися лише до інженерного повернення водосховища чи відтворення минулого вигляду. Натомість необхідний перехід до стратегії активного “зеленого відновлення”, де пріоритет має зміститися до ревіталізації природних заплавних комплексів Великого Лугу: відновлення біорізноманіття, керування водно-болотними режимами, зменшення довгострокової пожежної та інвазійної вразливості, а також просторове планування заходів з урахуванням мінної небезпеки.

## 3.2 Сучасний стан та проблеми збереження біорізноманіття на прикладі біосферного заповідника Асканія-Нова

Геоекологічні дослідження у біосферному заповіднику «Асканія-Нова» традиційно поєднують польові методи вивчення природних компонентів із сучасними дистанційними та геоінформаційними технологіями. Проте повномасштабне вторгнення РФ в Україну у 2022 році кардинально змінило як доступ до території, так і саму методику оцінки екологічного стану території. Через окупацію, втрату контролю над заповідною територією та загрозу життю персоналу, ключовим інструментом виявлення екологічних змін став дистанційний моніторинг на основі супутникових даних, що дозволив документувати масштабні екологічні порушення, зокрема численні випадки пожеж у заповідних степових масивах (див. рисунок 3.4) [43].




Рисунок 3.4 – Супутниковий знімок PlanetScope із зазначенням ділянок заповідника «Асканія-Нова», що постраждали від пожеж з початку вторгнення РФ в Україну (з 24 лютого 2022 р.) [43].

Станом на 2024 рік за допомогою супутникових платформ Sentinel-2 (програма Copernicus), PlanetScope та Landsat було зафіксовано щонайменше сім окремих пожеж на території заповідника, з яких дві (22.08.2023 та 01.09.2023) стали найбільш масштабними за всю історію існування заповідної установи.

Для оперативного виявлення змін використовувалися методи багатоспектральної візуалізації та нормалізований індекс вигоряння (Normalized Burn Ratio, NBR), що дозволив точно ідентифікувати площі вигорілої рослинності та оцінити ступінь ушкодження екосистем. При цьому застосування NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) допомогло виявити втрати біомаси до та після пожеж і охарактеризувати реакцію степових фітоценозів на пірогенний стрес [31].

З огляду на недоступність до безпосереднього натурного обстеження території, критичну роль у верифікації даних відіграли аналіз високоточної супутникової зйомки, а також космічний радарний моніторинг (Sentinel-1),

який дозволяє фіксувати структурні зміни у ландшафті навіть за умов хмарності. Відповідно до картографічних моделей, побудованих співробітниками Української природоохоронної групи, загальна площа вигорілих степів в межах заповідної зони склала понад 2208 га, тоді як сумарна площа всіх пожеж перевищила 3590 га. Найбільші збитки було завдано екосистемам ділянок «Стара» та «Успенівка», що охороняються з кінця XIX – початку XX століття, а також водно-болотному угіддю міжнародного значення – Великому Чапельському поду [9, 37-38].

Слід зазначити, що використання супутникових знімків дозволило виявити просторову динаміку поширення пожеж, зокрема: переважний напрямок поширення вогню, швидкість розповсюдження, інтенсивність горіння та ступінь повторного ураження тих самих ділянок. При цьому встановлено, що основним чинником поширення вогню стало не лише природне походження (наприклад, удар блискавки 01.09.2023), а й наслідки людської недбалості або бойових дій. Так, пожежу 22 серпня 2023 р. було зафіксовано поблизу району, де напередодні спостерігалася авіація РФ. За свідченнями очевидців, займання могло бути спричинене запуском ракети [43].

Крім аналізу супутникових зображень, важливе значення мав геоінформаційний аналіз (GIS), що забезпечив інтеграцію даних про типи рослинного покриву, межі біотопів, наявність природоохоронних режимів та гідрологічних характеристик території. Завдяки цьому стало можливим встановити, які саме природні угруповання були знищені або пошкоджені, серед яких – ковила волосиста (Stipa capillata L.), волошка Талієва (Centaurea talievii), тюльпан скіфський та інші види, занесені до Червоної книги України та Зеленої книги України [43].

Попри обмежений доступ, у 2023–2024 роках фахівцями було організовано оперативне дистанційне картування пошкоджених біотопів із застосуванням хмарних платформ, зокрема Google Earth Engine та QGIS з модулем Semi-Automatic Classification Plugin (SCP). Це дозволило не лише

виявити пошкоджені ділянки, а й оцінити потенційну динаміку відновлення рослинності, відслідковуючи вегетаційні індекси у міжсезоння .

Отже, геоекологічні дослідження в умовах війни були адаптовані до критичних обставин і базуються переважно на інструментарії дистанційного зондування Землі, супутникового моніторингу, індексного аналізу та ГІС-технологій. Такі підходи дозволили, попри фізичну відсутність дослідників на території заповідника, отримати достовірну інформацію про масштаби екологічних порушень і надати науково обґрунтовану оцінку впливу збройного конфлікту на унікальні степові екосистеми Асканії-Нова.

Таким чином було доведено, що для збереження автентичності степових ландшафтів та мінімізації ризику переходу до деградованих станів необхідні системні дослідження, відновлювальні роботи та контроль за антропогенним тиском у післявоєнний період.

## 3.3 Порівняльний аналіз підходів до збереження біорізноманіття в Україні та Великій Британії

У межах експериментально-аналітичної частини дослідження здійснено порівняльний аналіз сучасних підходів до збереження біорізноманіття в Україні та Великій Британії. Метою даного етапу було виявлення ключових відмінностей у стратегічних, правових, економічних та інструментальних механізмах природоохоронної політики, а також оцінка потенціалу адаптації міжнародного досвіду для післявоєнного відновлення екосистем України.

Порівняльне дослідження стратегій збереження біотичного різноманіття виявляє фундаментальну різницю у векторах екологічної політики. В той час як в Україні система працює в напрямку реактивного управління кризовими станами, у Великій Британії розвивається проактивне системне відновлення. Проведений аналіз дозволив виділити ключові методологічні розбіжності, що

мають значну користь для розробки планів післявоєнної ревіталізації природного капіталу України.

Аналізуючи стратегічні та законодавчі пріоритети, було встановлено, що британська модель базується на Законі про довкілля 2021 року (Environment Act 2021), який встановлює юридично обов'язкові цілі: зупинити скорочення чисельності видів до 2030 року та збільшити їхню кількість на 10% до 2042 року. В Україні ж правовим фундаментом залишається Бернська конвенція та розвиток Смарагдової мережі, яка наразі охоплює 11,4% території, з перспективним планом розширення до 20% для майбутньої інтеграції в мережу Natura 2000 [44-45]. Проте в умовах війни українська система контролю вимушено зміщена у бік фіксації збитків через платформу «ЕкоЗагроза» та документування фактів екоциду.

Методологічні принципи формування екомереж показують, що у Великій Британії домінує підхід, заснований на «принципах Лоутона»: більше, краще, велике та зв’язане (more, bigger, better, and joined). Це реалізується через Мережу відновлення природи (NRN), що працює на рівні цілісних ландшафтів, а не ізольованих ділянок. Проте українська стратегія традиційно зосереджена на збереженні існуючих ядер біорізноманіття, однак через воєнний вплив понад 30% об’єктів ПЗФ та 47% територій Смарагдової мережі потребують не просто охорони, а активного відновлення [40].

Ключовою відмінністю у Британії є впровадження інноваційних економічних механізмів. Наприклад, з 2024 року обов'язковим є механізм Biodiversity Net Gain (BNG) [46]. Він полягає у тому, що забудовники за законом зобов'язані забезпечувати мінімум 10% приросту природи, що стимулює розвиток та підтримку біорізноманіття. В Україні фінансування природи наразі критично залежить від міжнародної допомоги, зокрема ініціативи BIOFIN від ПРООН, яка спрямована на мобілізацію ресурсів для «зеленого відновлення».

Для більш наочного відображення ключових характеристик обох підходів та визначення перспективних напрямів адаптації успішних

міжнародних практик до умов післявоєнного відновлення України результати порівняльного аналізу систематизовано у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Порівняльний аналіз підходів до збереження біорізноманіття

| Параметр порівняння | Україна | Велика Британія |
|---|---|---|
| Нормативно-правова база | Базується на виконанні Бернської конвенції та розвитку Смарагдової мережі (наразі 11,4% площі). Ключовим вектором є адаптація національного законодавства до європейських стандартів у межах статусу кандидата в ЄС для майбутньої трансформації об'єктів у мережу Natura 2000. | Опирається на Environment Act 2021, який встановлює юридично обов'язкові цілі: зупинити скорочення видів до 2030 року та збільшити їхню чисельність на 10% до 2042 року. |
| Стратегічна візія та методологія | Спрямована на «зелене відновлення» та захист оселищ від фізичного знищення (екоциду). Пріоритетом є концепція відбудови з урахуванням екологічних стандартів та реакліматизація видів для відновлення саморегуляції систем. | Базується на «принципах Лоутона»: створення екомереж за правилом «більше, краще, зв’язано». Основний інструмент – Nature Recovery Network (NRN), що об'єднує заповідні ядра, коридори та буферні зони у єдиний ландшафтний механізм. |
| Економічні інструменти фінансування | Залежить від міжнародної допомоги та ініціатив на кшталт BIOFIN (ПРООН) для мобілізації ресурсів. Активно розробляються механізми залучення капіталу через глобальні вуглецеві ринки та репарації за екологічні збитки від війни. | Впроваджено обов'язковий механізм Biodiversity Net Gain (BNG): забудовники зобов'язані забезпечити +10% приросту природи, що стимулює ринок «одиниць біорізноманіття» та залучає приватні інвестиції (£1 млрд/рік до 2030). |

| | | |
|---|---|---|
| Методи моніторингу та верифікації | Через замінування 176 тис. км² пріоритет надано дистанційному зондуванню (Sentinel-2, PlanetScope) та ГІС-платформам («ЕкоЗагроза») для фіксації пожеж і руйнувань. Використовується eDNA для ідентифікації видів у недоступних зонах. | Поєднує високоточні метрики з масштабним залученням громадськості. Використовується лазерне сканування LiDAR для аналізу вертикальної структури оселищ та звіти «State of Nature». |
| Кліматична адаптація | Орієнтована на моделювання біогеографічних зсувів. Вивчається потенціал деградованих земель через війну як природних бар'єрів. | Акцент на відновленні торфовищ та лісів як головних поглиначів вуглецю (Net Zero 2050). Створення мікрокліматичних сховищ для захисту видів від хвиль спеки та повеней. |

Примітка: створено автором на основі джерел [30-32, 44-46]

Порівняння показує, що якщо українська система наразі є реактивною. Вона спрямована на виживання та фіксацію збитків у зонах антропогенної трансформації. Натомість британська система є проактивною: орієнтованою на капіталізацію природи та ринкове стимулювання відновлення. Для України критично важливо адаптувати британські механізми для інтеграції екологічної цінності у проєкти повоєнної відбудови, що дозволить перетворити іноземні інвестиції на інструмент системного відтворення природного капіталу.

## 3.4 Перспективи використання британського досвіду для збереження та відновлення біорізноманіття України

Під час експериментальної частини роботи було досліджено, як механізм «Чистого приросту біорізноманіття» (Biodiversity Net Gain – BNG), апробований у Великій Британії як елемент державної політики

природоохоронного управління, може бути відтворений у стратегії українського відновлення після війни та кліматичних змін. У центрі системи BNG перебуває вимога забезпечити вимірюваний і верифікований приріст цінності біорізноманіття відносно базового стану, а тому механізм може виконувати роль керованого екологічного критерію в документах планування та фінансування проєктів відбудови.

Аналіз британської нормативно-практичної моделі показав, що з лютого 2024 року у Великій Британії діє обов'язкова вимога: у більшості нових проєктів має бути забезпечено мінімум 10% чистого приросту цінності біорізноманіття відносно початкового стану [46]. Для розрахунків застосовується система розрахунків, яка переводить стан різних типів оселищ у порівнювані «одиниці біорізноманіття», що дозволяє обґрунтовувати рішення не через якісні припущення, а через кількісну оцінку екологічного ефекту. Також встановлено, що реалізація приросту в британській моделі підпорядковується ієрархії способів досягнення результату. Це проявляється у тому, що пріоритет віддається заходам безпосередньо на території проєкту, далі допускаються компенсаційні заходи на інших ділянках через контракти з землевласниками або спеціалізованими фондами, а на практиці останнім рівнем виступає використання державних кредитів біорізноманіття. Така логіка є важливою для експериментального перенесення підходу, оскільки вона задає прозорий ланцюг відповідальності від планувальника до отримувача екологічного ефекту та створює механізм перевірки результату.

Також було зафіксовано підтверджені результати ефективності британського впровадження механізму, які доцільно використовувати як референтні показники для української адаптації. Зокрема, 2021–2023 рр. супроводжувалися підготовчими етапами, що забезпечили запуск масштабних робіт: було висаджено понад 5 млн дерев та розпочато відновлення щонайменше 50 000 гектарів водно-болотних угідь [43]. Відповідно, у практичному вимірі механізм BNG створює прогнозований попит на природоохоронні заходи, стимулюючи підготовку проєктних рішень завчасно,

а не постфактум, коли ресурс відновлення часто є обмеженим [45]. Для систематизації факторів, що впливають на можливість адаптації механізму BNG до українських умов, було проведено SWOT-аналіз. Результати аналізу наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – SWOT-аналіз впровадження BNG в Україні

| Сильні сторони (Strengths) | Слабкі сторони (Weaknesses) |
|---|---|
| Об'єктивізація екологічних рішень через використання стандартизованих та кількісно вимірюваних показників біорізноманіття.<br>Юридичне закріплення довгострокових зобов'язань щодо підтримки та збереження відновлених природних оселищ.<br>Створення економічних стимулів для відновлення екосистем шляхом монетизації природного капіталу та розвитку ринку одиниць біорізноманіття. | Дефіцит кваліфікованих фахівців, здатних здійснювати оцінку біорізноманіття та працювати з геоінформаційними технологіями.<br>Недостатність базових польових даних через замінування територій та обмежений доступ до постраждалих регіонів.<br>Ризик формального виконання вимог BNG без досягнення реального екологічного ефекту. |
| **Можливості (Opportunities)** | **Загрози (Threats)** |
| Інтеграція принципів BNG у систему післявоєнного «зеленого відновлення» України.<br>Залучення міжнародних інвестицій та фінансових ресурсів у природоохоронні проєкти.<br>Гармонізація природоохоронного законодавства України з вимогами та практиками Європейського Союзу.<br>Відновлення екосистемних послуг і формування екологічних коридорів на деокупованих територіях. | Воєнно-безпекова нестабільність та ризик повторного пошкодження відновлених територій.<br>Конфлікт між необхідністю швидкої відбудови інфраструктури та виконанням екологічних вимог.<br>Кліматичні зміни та зміщення природних зон, що можуть знизити ефективність довгострокових природоохоронних заходів. |

Результати SWOT-аналізу свідчать, що основними перевагами впровадження BNG є можливість кількісного оцінювання екологічних змін, формування довгострокових природоохоронних зобов'язань та створення економічних стимулів для відновлення екосистем. Це дозволяє розглядати BNG як інструмент інтеграції екологічних вимог у процес післявоєнної відбудови.

Водночас реалізація механізму обмежується кадровим дефіцитом, недостатністю вихідних даних та ризиком формального виконання екологічних показників. Разом із тим потенціал міжнародної співпраці та інтеграції до європейських природоохоронних підходів створює передумови для адаптації BNG в Україні.

Окремим компонентом британського підходу розглянуто Nature Recovery Network (NRN), який, згідно з результатами аналізу, забезпечує формування безперервного ландшафтного каркасу. Саме така зв'язність розглядається як ключ до міграції видів і зростання стабільності екосистем перед кліматичними змінами. Для України відновлення окремих «точкових» ділянок без підтримки коридорів і функціональних зв'язків не гарантує стійкості популяцій і екосистемних процесів. Тому механізм BNG доцільно розглядати не лише як компенсаційно-оцінювальний інструмент, а як основу для відбудови ландшафтної цілісності у логіці NRN-подібних мереж.

На основі проведеного аналізу сформовано рекомендації: запровадження інструменту BNG в Україні доцільно виконувати не як механічне копіювання британських вимог, а як створення української версії метрики та процедур контролю, що враховує особливості воєнного впливу, потенціал відновлення й ризикові обмеження. Також для України критичною є розробка модифікованої оцінювальної системи, яка має врахувати щонайменше три блоки адаптації. По-перше, необхідний «військовий ризиковий множник», що відображає реальну вартість та часові бар'єри відновлення, включно з ризиками замінування та наслідками хімічного і техногенного забруднення. По-друге, метрика має включати кліматичний потенціал відновлених ділянок, що в свою

чергу відкриває додаткові джерела фінансування через механізми кліматичного та вуглецевого спрямування. По-третє, важливо правильно врахувати відмінності у темпах сукцесії та можливих сценаріях післявоєнного землекористування, адже «функціональний» приріст біорізноманіття може бути досягнутий лише за умов сумісності з реальними режимами відновлення територій.

Узагальнюючи результати дослідження та їх практичну інтерпретацію, слід зазначити, що BNG у поєднанні з логікою мережного відновлення (NRN) виступає дієвим інструментом керованої відбудови, здатним забезпечити не лише формальне відновлення територій, а й відтворення екологічних функцій, необхідних для довгострокової стійкості біорізноманіття України. Саме тому механізм BNG обґрунтовано як один із базових шляхів «зеленого відновлення», що узгоджує українські потреби післявоєнної реставрації, вимоги європейських підходів до біорізноманіття та можливість залучення інвестиційних ресурсів через вимірювані екологічні результати.

# 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Організація екологічних досліджень у період дії воєнного стану вимагає докорінного перегляду традиційних протоколів охорони праці через виникнення специфічних ризиків, безпрецедентних у практиці цивільної науки: загрози артилерійських обстрілів, ракетних ударів широкого радіуса та екстраординарного рівня мінного забруднення території. Згідно із Законом України "Про охорону праці" (ст. 24) та наказом Міністерства освіти № 420 від 02.12.1998 року, розділ із питань охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях є обов'язковим компонентом кваліфікаційної роботи. Цей розділ призначений для аналізу умов праці на об'єкті дослідження, характеристики шкідливих виробничих факторів та розроблення цілеспрямованих заходів щодо мінімізації трудових ризиків, профілактики травматизму та збереження здоров'я науково-дослідного персоналу [47].

Головним негативним фактором, який обмежує можливість проведення традиційних наземних екологічних досліджень на територіях України, виступає критичне замінування земельного фонду. За офіційними даними Міністерства внутрішніх справ та ДСНС (станом на 2024 р.), площа потенційно небезпечних територій із підозрою на наявність мін та вибухових боєприпасів сягає приблизно 176 тисяч квадратних кілометрів, що становить близько 29 % загальної площі держави [27]. Крім того, наявність протитанкових та протипіхотних мін, мін-пасток, касетних боєприпасів та різноманітних нерозірваних снарядів утворює майже неможливу для людини ситуацію при спробі проведення наземних польових обстежень у прифронтових і деокупованих зонах, особливо у південних та східних регіонах України [4]. Додатковим катастрофічним ускладнюючим фактором став мистехнічний інцидент 06 червня 2023 року – підрив гідроелектричної станції на річці Дніпро. Унаслідок підриву дамби Каховської ГЕС та прорваного гребля сталося контрольоване затоплення площі близько 620 км², що спричинило

неконтрольоване переміщення та горизонтальну міграцію мінних полів вниз за течією річки через поширення забруднених паводкових вод, посилюючи екологічну та воєнно-санітарну небезпеку на прилеглих до Дніпра ділянках [28].

Враховуючи екстремальність та непередбачуваність умов воєнного стану, традиційна наземна польова екологія як дисципліна перетворилася на діяльність із невиправдано високим ступенем професійного ризику. Відповідно, пріоритетною та науково обґрунтованою стратегією забезпечення безпеки дослідників виступає системна трансформація методичного арсеналу в напрямку переважного використання безконтактних та дистанційних методів збору екологічної інформації. Супутниковий моніторинг, здійснюваний через відкриту європейську програму Copernicus (платформи Sentinel-2 та Sentinel-3), комерційні системи PlanetScope та USGS Landsat 8–9, дозволяє отримувати багатоспектральні та синтетичні апертурні радарні знімки (SAR) з роздільною здатністю від 3 до 10 метрів без залучення дослідників до потенційно небезпечних ділянок [18]. Така стратегія забезпечує як наукову об'єктивність (через автоматизацію та елімінацію суб'єктивного фактора спостерігача), так і безпеку дослідників.

Інноваційна альтернатива наземним дослідженням базується на використанні безпілотних літальних апаратів (БПЛА) з інтегрованими сенсорами дистанційного зондування. БПЛА, оснащені багатоспектральними камерами та технологією лазерного сканування (LiDAR – Light Detection and Ranging), дозволяють проводити детальне сканування ландшафтів, визначати тривимірну структуру рослинного покриву, вимірювати висоту деревостану та оцінювати запаси живої біомаси без необхідності входження дослідників у зони потенційної мінної небезпеки [20]. Операційна висота польотів БПЛА (мінімум 50–100 метрів над земною поверхнею) виключає пряме контактування з мінними полями, хоча сам запуск та повернення апаратів вимагає проведення у спеціально підготовлених та верифікованих безпечних зонах.

Окрім явної мінної небезпеки, проведення робіт у межах активних або недавно припинених зон бойових дій супроводжується з ризиком ураження дослідників на залишки воєнних конфліктів (скорочено – ЗВК): продуктів детонації артилерійських та авіаційних боєприпасів, розливів пально-мастильних матеріалів (ПММ), витоків хімічних сполук зі зруйнованої промислової та комунальної інфраструктури, а також радіаційного забруднення у випадку навмисних чи випадкових атак на об'єкти ядерної енергетики [46]. Невибухлі боєприпаси можуть містити залишки виробничих вибухівок, важких металів та токсичних органічних сполук, які мігрують у ґрунти та ґрунтові води протягом тривалого часу. Крім того, розпилювання боєвого забруднення (передусім свинцю, урану в залізобетонних конструкціях та хімічних запалювачів) утворює аерозольне забруднення атмосфери на радіусі до кількох кілометрів від місця детонації [26].

Залежно від обраних методичних підходів та географічного розміщення об'єктів дослідження, екологи можуть бути експоновані до трьох категорій хіміко-токсичних ризиків: (1) гострі інгаляційні ризики від летючих органічних сполук та аерозолів у момент чи відразу після детонацій; (2) хронічні накопичувальні ризики від перорального та дермального впливу важких металів та персистентних органічних забруднювачів під час роботи із ґрунтовими та водними пробами; (3) потенційні радіаційні ризики у випадку розповсюдження радіоактивних матеріалів у результаті цільових чи випадкових атак на об'єкти атомної енергетики [48]. У відповідь на ці ризики, усі дослідники-екологи, що проводять роботи у зонах воєнного конфлікту або на історично забруднених військовими операціями територіях, мають бути забезпечені засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) вищого захисного класу: герметичні респіратори чи лицьові щитки зі змінними картриджами активованого вугілля та HEPA-фільтрів, тактильні рукавиці з вкладишами із нітрилу чи латексу, захисні костюми категорії 3–4 [11].

Критично важливим аспектом трудової безпеки у цьому контексті є санітарно-гігієнічні норми та протоколи обробки біологічних проб. Усі проби

ґрунту, води та біологічного матеріалу, зібрані з потенційно забруднених територій, повинні проходити дегазацію та дезінтеграцію перед передачею до лабораторії, а також мати чітку документацію щодо місця та часу збирання з указанням координат GPS та історичного статусу місцевості (активна зона бойових дій, деокупована територія, зона контрольованого припинення вогню тощо) [48]. Цей протокол необхідний як для наукової верифікації результатів, так і для екологічного моніторингу та судово-лабораторного оцінювання потенційних воєнних злочинів проти довкілля, що відповідає резолюціям ООН та висновкам Міжнародного суду.

Важливою обов'язковою складовою безпеки проведення досліджень виступає дотримання цивільного захисту та повітряної оборони. Усі етапи роботи, включаючи опрацювання геопросторових даних у польових лабораторіях, проведення попередніх аналізів у мобільних науково-дослідних станціях та наукові наради щодо проміжних результатів, мають проводитися з урахуванням сигналів повітряної тривоги, яка видається за 15–30 хвилин до можливих ракетних ударів [48]. Дослідницькі групи, розташовані у прифронтових районах, зобов'язані мати доступ до облаштованих цивільних укриттів категорії "А" (залізобетонні конструкції, заглиблені пункти управління, природні печери), де можна продовжувати роботу з мобільними комп'ютерами та приладами навіть під час повітряних тривог [49].

Координація дій дослідницьких груп із органами місцевої влади, військовими адміністраціями та територіальними підрозділами Державної служби надзвичайних ситуацій (ДСНС) є обов'язковою умовою для отримання дозволу та логістичного забезпечення будь-яких польових виїздів у зони, наближені до фронту чи розташовані на деокупованих територіях [49]. Така координація дозволяє верифікувати безпечність маршрутів слідування, отримати актуальні дані щодо статусу розмінування конкретних ділянок, усвідомити поточну оперативну обстановку та уникнути випадкового залучення дослідників до активних бойових дій. Крім того, оформлення письмового дозволу від військової адміністрації надає дослідникам офіційний

статус цивільних науковців у складі гуманітарної місії та забезпечує встановлення стійкого цивільного захисту під час евакуації у разі раптової зміни фронтової ситуації [49].

Таким чином, сучасна система охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях для екологів, що працюють в умовах воєнного конфлікту, радикально трансформується від традиційних виробничих регламентів у комплексний многошаровий механізм управління воєнно-специфічними ризиками. У цій системі технологічна та методична перевага дистанційних інструментів (супутниковий моніторинг, БПЛА, геоінформаційні системи), поєднана зі строгим дотриманням протоколів цивільного захисту, засобів індивідуального захисту та координації з військовою адміністрацією, виступає ключовим та єдино виправданим інструментом як збереження життя й здоров'я науково-дослідного персоналу, так і забезпечення наукової об'єктивності та репрезентативності даних екологічного моніторингу в період збройного конфлікту. Інвестування у технологічну переоснащеність дослідницьких команди та розроблення національних стандартів екологічної безпеки у воєнних умовах виступає довгостроковою стратегією збереження наукового потенціалу України та підготовки кадрів для екологічної реабілітації територій у період постконфліктної відбудови [49].

Сучасна екологічна наука характеризується кардинальним зміщенням методичного центру тяжкості від традиційних наземних досліджень у напрямку комплексної цифровізації та дистанційного моніторингу. Цей трансформаційний процес принципово змінює профіль професійних ризиків для екологів-дослідників: якщо у попередніх десятиліттях основні небезпеки були пов'язані з фізичним контактом з біотичними й абіотичними компонентами екосистем, то нині вони дифузно розподіляються між фізичними умовами робочого місця, ергономічними навантаженнями, цифровою гігієною та кіберзахистом інформаційних активів [48–49]. Організація екологічних досліджень у період воєнного стану додатково ускладнюється необхідністю синхронізації дистанційних технологій з

жорсткими вимогами національної безпеки щодо обмеження та контролю інформаційних потоків про критичну інфраструктуру та об'єкти Смарагдової мережи.

Технологічна трансформація екологічної науки визначає появу принципово нової категорії фахівців: наприклад "еколог-аналітик" або "екоінформатик" – спеціаліст, який проводить значну частину часу роботи з персональними комп'ютерами (ПК), географічними інформаційними системами (ГІС), супутниковими даними та спеціалізованим програмним забезпеченням для статистичної та просторової обробки масивів екологічної інформації. Згідно з наказом Міністерства соціальної політики України № 294 від 04.09.2014 р. "Про затвердження переліків важких робіт та робіт зі шкідливими чи небезпечними умовами праці", довготривала робота з ЕОМ (понад 6 годин на день) класифікується як діяльність зі значним навантаженням на зоровий апарат і центральну нервову систему, що потребує спеціальних заходів профілактики професійних захворювань [47].

Конкретні ергономічні вимоги до організації робочого місця еколога-аналітика регламентуються ДСТУ ISO 9241 "Усі люди й техніка. Ергономічні принципи для дизайну взаємодії людини та комп'ютера" та Наказом Міністерства соціальної політики України № 207 від 14.02.2018 «Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями».

Рівень освітленості робочої зони для роботи з дисплеями комп'ютерів повинен бути у діапазоні 300–500 люкс. Недостатнім чи надмірним освітленням спричиняє астенопію (синдром зорової утоми) та акомодаційні розлади. Для попередження дисбалансу рекомендується використання софітів з коректною кольоровою температурою (4000–5000 К) та антиблікового фільтра на моніторі. При роботі з супутниковими знімками високої роздільної здатності (Sentinel-2, PlanetScope), у яких колір піксела може мати дрібні градації інтенсивності світла, операторам рекомендується проводити перерви для релаксації гальмівних м'язів ока кожні 20 хвилин (режим 20-20-20:

дивитися на об'єкт на відстані 20 футів упродовж 20 секунд кожні 20 хвилин) [47].

Робочий стіл еколога-аналітика повинен мати регульовану висоту (рекомендований діапазон 680–760 мм) та достатню глибину для розміщення монітора, клавіатури й мишки на оптимальній відстані (50–70 см від очей). Крісло повинне бути сертифіковане, оснащене поперековою підтримкою, підголівником та роликами для м'якого пересування по твердих поверхнях. Коліна під час сидіння мають знаходитися під кутом близько 90°, а передпліччя й плече також під кутом 90°, аби мінімізувати напругу у м'язах шиї й плечей [48]. Таке розташування попереджує розвиток шийно-плечових синдромів та синдром зап'ястного каналу, які є найпоширенішими професійними захворюваннями серед користувачів ЕОМ.

За санітарними нормами, безперервна робота з монітором не повинна перевищувати 2 години. Рекомендована схема: 45 хвилин роботи з перервою 15 хвилин, протягом якої оператор повинен відійти від робочого місця, виконати очні вправи та легку розминку м'язів верхніх кінцівок. При роботі з великими геопросторовими масивами (наприклад, аналіз супутникових знімків площею понад 10,000 км² на програмі QGIS), коли потребується постійна міцна концентрація уваги, рекомендується скорочення часу безперервної роботи до 1,5 годин [47].

Організація безпечної експлуатації обладнання екологічної лабораторії чи дослідницького центру потребує комплексного підходу до електробезпеки, запобіганню пожежам та забезпеченню надійності енергопостачання. Враховуючи нестабільність електромереж в Україні під час дії воєнного стану, з частими аварійними відключеннями та падіннями напруги, особлива увага надається захисту чутливого обладнання та запобіганню втраті даних [48].

Усі персональні комп'ютери, сервери для зберігання даних дистанційного зондування та периферійне обладнання (принтери, сканери, зовнішні жорсткі диски) повинні мати надійне заземлення відповідно до ДСТУ 3275-95 "Безпека електричного обладнання". Кожна розетка повинна мати

заземлюючий контакт (третій контакт), а електромережа лабораторії має бути захищена диференціальним автоматичним вимикачем класу А з номіналом 30 мА для запобіганню ураженню електричним струмом у разі короткого замикання [48]. Особливо важливо забезпечити захист проти статичної електрики при роботі з чутливою електронікою та серверами: рекомендується встановлення антистатичних килимків на робочих місцях аналітиків та проведення періодичної перевірки опору заземлення (не більше 5 Ом).

З огляду на частоту аварійних відключень електроенергії в Україні, рекомендується забезпечення всіх критично важливих систем (сервери з екологічними базами даних, системи резервного копіювання, геопросторові сервери) безперебійними джерелами живлення (ББЖ) типу UPS (uninterruptible power supply) потужністю не менше 5–10 кВА [7]. Додатково рекомендується установка стабілізаторів напруги для захисту від пікових скачків напруги, характерних для воєнних умов з частими ракетними ударами по енергетичній інфраструктурі.

Концентрація електрообладнання в екологічній лабораторії або дослідницькому центрі створює потенційний ризик виникнення пожежі. Робоче приміщення повинне бути обладнане сертифікованими вогнегасниками типу $CO_2$ (для ліквідації пожеж електрообладнання) та типу АВС (універсальні вогнегасники), розміщеними на видних місцях згідно з ДСТУ 3675-94 "Класифікація пожеж" [8]. Персонал повинен проходити навчання з протипожежної безпеки, а приміщення мають мати явно позначені шляхи евакуації з указанням розміщення вихідних дверей та пункту збору. При роботі в умовах воєнного стану, коли існує загроза ракетних ударів та артилерійських обстрілів, дослідницькі відділи мають мати доступ до облаштованих укриттів категорії "А" або заглиблених бункерів, де можна продовжити роботу з ноутбуками та мобільними сховищами даних [9].

Унікальною особливістю організації екологічних досліджень у період воєнного стану є необхідність узгодження наукової відкритості та принципів верифікабельності (reproducibility) результатів з жорсткими обмеженнями у

доступу до інформації про об'єкти критичної та воєнно-стратегічної важливості. Спеціальний Закон України "Про правовий режим військового стану" (від 12.05.2015 р., № 389-VIII) передбачає можливість обмеження розповсюджування інформації про:

- розміщення об'єктів ядерної енергетики та систем енергопередачі;
- локалізацію гідротехнічних споруд, водосховищ та систем водопостачання;
- розміщення природоохоронних та заповідних територій на прифронтових ділянках;
- координати точок моніторингу забруднення та радіаційного стану.

Супутникові знімки із програми Copernicus (Sentinel-2) хоча й є офіційно відкритим ресурсом, можуть містити інформацію про стан гідротехнічних об'єктів, які під час воєнного конфлікту набули стратегічної ваги (наприклад випадок Каховської ГЕС, де розкриття детальної інформації про структурне пошкодження попередньо робило греблю еквівалентною військовій мішені). Таким чином, еколог-дослідник, який опубліковує результати моніторингу таких об'єктів, повинен:

Усі набори даних екологічного моніторингу повинні класифікуватися за ступенем чутливості: "відкритих", "внутрішнього користування", "конфіденційних" та "таємних" (якщо мають стратегічне значення). Кожний файл чи геопросторовий шар повинен мати метадані, що вказують на статус доступу, дату створення й модифікації, samt категорію чутливості. На практиці, дані про забруднення та радіаційний стан у межах 10 км від об'єктів критичної інфраструктури рекомендується зберігати з маркуванням "конфіденційно" [50].

Передача екологічних даних між дослідниками, лабораторіями та органами контролю повинна здійснюватися виключно через захищені канали з використанням протоколу HTTPS та шифрування End-to-End (E2E). Для передачі великих геопросторових файлів (супутникові знімки, DEMs, вихідні дані ГІС-моделювання) рекомендується використання захищених хмарних

сховищ з двофакторною аутентифікацією (2FA), таких як Nextcloud із самостійним хостингом, або спеціалізовані платформи, дозволені органами інформбезпеки (наприклад, державні сховища Мінцифри України) [49].

При публікації результатів моніторингу чутливих об'єктів (наприклад, популяцій рідкісних видів тварин, які можуть мати промислову цінність й піддаватися браконьєрству) географічні координати повинні бути заокруглені до близька 1–5 км чи опубліковані лише у вигляді адміністративних районів без точних координат. Це попереджає потенційне виявлення місцезнаходження критичних біотопів для браконьєрів чи екстремістів, які можуть завдати збитків природоохоронним територіям.

# ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз сучасного стану біорізноманіття показав, що екосистеми України зазнають значного впливу глобальних змін, зокрема кліматичних трансформацій, антропогенного навантаження та зміни ландшафтів. Встановлено, що підвищення температури, зміна режиму опадів, посухи та пожежі знижують стійкість екосистем, скорочують площі природних оселищ і підвищують ризики для рідкісних видів флори та фауни.

2. Дослідження впливу воєнних дій на екосистеми України засвідчило значний рівень деградації природоохоронних територій та територій Смарагдової мережі. На основі аналізу супутникових знімків, картографічних матеріалів та наукових джерел встановлено, що основними чинниками негативного впливу є ландшафтні пожежі, руйнування природних комплексів, мінне забруднення та фрагментація екологічних коридорів. У межах роботи створено карту-інфографіку ураження об'єктів Смарагдової мережі України, яка показала, що близько 47 % досліджених територій зазнали прямого або опосередкованого впливу воєнних дій. Аналіз наслідків руйнування Каховської ГЕС засвідчив суттєву трансформацію екосистем долини Дніпра: кількість типів біотопів скоротилася з 32 до 12, тобто збережено лише 37,5 % історичного різноманіття, а кількість оселищ, що підпадають під охорону Резолюції №4 Бернської конвенції, зменшилася з 20 до 8 типів. Одночасно зафіксовано формування 5 нових типів біотопів, що свідчить про початок природних сукцесійних процесів на території колишнього водосховища.

3. Порівняльний аналіз природоохоронних підходів України та Великої Британії показав, що ефективне збереження біорізноманіття потребує поєднання державного регулювання, наукового моніторингу та економічних стимулів для відновлення екосистем. У результаті проведеного SWOT-аналізу механізму Biodiversity Net Gain (BNG) встановлено, що його основними перевагами є можливість кількісної оцінки екологічних результатів, створення

довгострокових зобов'язань щодо збереження оселищ та залучення інвестицій у природоохоронні заходи. Водночас визначено ключові обмеження для України, серед яких дефіцит фахівців, нестача польових даних через воєнні ризики та загроза формального виконання екологічних вимог. Проведений аналіз підтвердив перспективність адаптації британської моделі до українських умов, зокрема шляхом впровадження принципу обов'язкового 10-відсоткового приросту біорізноманіття, інтеграції природоохоронних заходів у післявоєнну відбудову та розвитку екологічних коридорів за принципами Nature Recovery Network.

# ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

На основі результатів проведеного дослідження запропоновано такі практичні рекомендації щодо збереження біорізноманіття України в умовах воєнного та кліматичного впливу:

1. Розширити використання дистанційного екологічного моніторингу шляхом застосування супутникових знімків, геоінформаційних систем та безпілотних літальних апаратів.

2. Посилити охорону об'єктів Смарагдової мережі України, особливо територій, які зазнали найбільшого впливу бойових дій, пожеж, мінного забруднення та фрагментації природних оселищ.

3. Впровадити адаптований для України механізм Biodiversity Net Gain (BNG) як обов'язковий елемент післявоєнної відбудови територій, забезпечуючи досягнення вимірюваного приросту біорізноманіття під час реалізації інфраструктурних проєктів.

4. Під час проведення екологічних досліджень у воєнний період дотримуватися вимог охорони праці та безпеки, надаючи перевагу дистанційним методам збору даних і координуючи польові роботи з відповідними державними службами.

5. Пріоритетом відновлення території колишнього Каховського водосховища визначити ревіталізацію природних заплавних екосистем Великого Лугу, а не відтворення штучного водосховища в його довоєнному вигляді.

# ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Загороднюк І., Вишневський Д. Втрати та зміни біорізноманіття в зонах тривалих бойових дій в Україні: теріологічна складова (2014–2022). 2023. URL: https://www.researchgate.net/publication/366149533_Vtrati_ta_zmini_bioriznomanitta_v_zonah_trivalih_bojovih_dij_v_Ukraini_teriologicna_skladova_2014-2022 (дата звернення: 08.03.2026).

2. Землеустрій і топографічна діяльність в умовах війни та післявоєнного відновлення : збірник наукових праць Всеукраїнської науково-практичної студентської конференції (Київ, 8–10 березня 2023 р.) / за заг. ред. І. П. Ковальчука. Kyiv : НУБіП України, 2023. 134 с.

3. Cardinale B. J., Duffy J. E., Gonzalez A. et al. Biodiversity loss and its impact on humanity // Nature. 2012. Vol. 486. P. 59–67. DOI: 10.1038/nature11148.

4. Ангурець О., Хазан П., Колесникова К. та ін. Наслідки для довкілля війни Росії проти України 2022 // CLEAN AIR FOR UKRAINE : електронне науково-популярне видання. URL: https://cleanair.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/cleanair.org.ua-war-damages-ua-version-04-low-res.pdf (дата звернення: 12.04.2026).

5. Вагнер О. Відновлення Великого Лугу й нові водогони: як руйнування Каховської ГЕС впливає на Дніпропетровщину через два роки // Суспільне. 2024. URL: https://suspilne.media/dnipro/1035565-vidnovlenna-velikogo-lugu-j-novi-vodogoni-ak-rujnuvanna-kahovskoi-ges-vplivae-na-dnipropetrovsinu-cerez-dva-roki/ (дата звернення: 06.06.2025).

6. Ukraine Conflict Environmental Briefing: Nature // CEOBS. 2022. URL: https://ceobs.org/ukraine-conflict-environmental-briefing-nature/ (дата звернення: 06.04.2026).

7. Біорізноманіття степової зони України: вивчення, збереження, відтворення : праці науково-технічної конференції (Урзуф, 16–18 жовтня 2019 р.). Слов'янськ : Друкарський двір, 2019. 316 с.

8. За час російської окупації на території заповідника «Асканія-Нова» було 7 пожеж! // Українська природоохоронна група : вебсайт. URL: https://uncg.org.ua/za-chas-rosijskoyi-okupacziyi-na-terytoriyi-zapovidnyka-askaniya-nova-bulo-7-pozhezh/ (дата звернення: 06.04.2026).

9. Асканія-Нова: війна та пожежі // Topical in Ukraine : вебсайт. URL: https://www.topical.in.ua/askaniya-nova-vijna-ta-pozhezhi/ (дата звернення: 16.03.2026).

10. Convention on Biological Diversity. Rio de Janeiro, 1992. URL: https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf (дата звернення: 03.02.2026).

11. IPBES Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services / ed. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, H. T. Ngo. Bonn : IPBES Secretariat, 2019. 60 p.

12. Вагалюк Л. В., Лісовий М. М. Біорізноманіття і його збереження : навч. посіб. Київ, 2023. 300 с.

13. Mollot S. The Significance of Genetic Diversity in Conservation Biology // International Journal of Pure and Applied Zoology. 2024. Vol. 12, No. 6. DOI: 10.35841/aajmha-8.6.265.

14. Нестерчук І. К. Геоекологічний аналіз: концептуальні підходи, сталий розвиток : монографія. Житомир : ЖДТУ, 2011. 312 с.

15. Richardson K., Steffen W., Lucht W. et al. Earth beyond Six of Nine Planetary Boundaries // Science Advances. 2023. Vol. 9, No. 37. DOI: 10.1126/sciadv.adh2458.

16. Боголюбов В. М., Клименко М. О., Мельник Л. Г., Ракоїд О. О. Стратегія сталого розвитку : підручник / за ред. В. М. Боголюбова. Київ : ВЦ НУБіП України, 2018. 446 с.

17. Dasgupta P. The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review. London : HM Treasury, 2021. 610 p.

18. Економіка довкілля і природних ресурсів : навч. посіб. / за заг. ред. П. Т. Бубенка. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2014. 280 с.

19. Biodiversity and Human Health: State of Knowledge Review. Geneva : World Health Organization, 2015. 324 p.

20. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats (Bern Convention) / Council of Europe. 1979. URL: https://www.coe.int/en/web/bern-convention (дата звернення: 06.04.2026).

21. Павленко Л. А. Геоінформаційні системи : навч. посіб. Харків : Вид-во ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2013. 260 с.

22. Environmental and Social Standard (ESS) 1: Biodiversity Conservation, Ecosystem Services and Sustainable Management of Natural Resources. Rome : FAO, 2025. DOI: 10.4060/cd3599en.

23. Боголюбов В. М., Сальнікова А. В., Ракоїд О. О. Екологічний моніторинг : навч. посіб. / за ред. В. М. Боголюбова. Київ : ВЦ НУБіП України, 2023. 200 с.

24. Курс лекцій із дисципліни «Системи зв'язку з рухомими об'єктами» за темою «Дистанційне зондування Землі» / Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Кафедра радіотехнічних систем. Тернопіль, 2012.

25. Маньковська В. Степ під загрозою: що відбувається в окупованому заповіднику «Асканія-Нова» // Свідомі. 07.09.2024. URL: https://svidomi.in.ua/page/step-pid-zahrozoiu-shcho-vidbuvaietsia-v-okupovanomu-zapovidnyku-askaniia-nova (дата звернення: 06.06.2025).

26. Lawton J. Making Space for Nature: A review of England's wildlife sites and ecological network. London : Department for Environment, Food & Rural Affairs (Defra), 2010. 109 p.

27. Subrahmanyam S. Effective climate change adaptation strategies for biodiversity conservation // Environmental Science & Policy. 2022. Vol. 128. P. 112–125.

28. Козова Л. Пожежі, обстріли та викрадення тварин: що відбувається у заповіднику «Асканія-Нова» // УНІАН. 07.11.2023. URL: https://www.unian.ua/ecology/pozhezhi-obstrili-ta-vikradennya-tvarin-shcho-vidbuvayetsya-u-zapovidniku-askaniya-nova-12449244.html (дата звернення: 06.04.2026).

29. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Міндовкілля запустило застосунок ЕкоЗагроза : офіційний вебсайт.URL: https://mepr.gov.ua/slider/mindovkillya-zapustylo-zastosunok-ekozagroza-ta-zaproshuye-ukrayintsiv-vstupaty-do-ekologichnogo-bataljonu/ (дата звернення: 06.04.2026).

30. Афанасьєв О. В., Євдокімов А. А. Засоби автоматизації створення карт : конспект лекцій для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти зі спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій». Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. 72 с.

31. Курач Т. М. Цифрове оброблення та дешифрування знімків : конспект лекцій. Київ, 2021. 50 с.

32. Thapa P. Normalized Burn Ratio (NBR) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) / ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/figure/Normalized-Burn-Ratio-NBR-and-Normalized-Difference-Vegetation-Index-NDVI-of-the_fig2_351413050 (дата звернення: 16.03.2026).

33. Саковський А. А., Науменко С. М., Кравченко С. І., Єфіменко І. М. та ін. Особливості застосування безпілотних літальних апаратів органами та підрозділами поліції : методичні рекомендації. Київ : Національна академія внутрішніх справ, 2022. 72 с.

34. State of Nature 2023 / The State of Nature Partnership. URL: https://stateofnature.org.uk/ (дата звернення: 06.04.2026).

35. International Principles and Standards for the Practice of Ecological Restoration. 2nd ed. / Society for Ecological Restoration (SER). 2019.

36. Sydorenko S. H., Sydorenko S. V. Analysis of fire risks in Ukrainian forests // Ukrainian Journal of Forest Engineering. 2021. Vol. 7, No. 1. P. 12–21.

37. Гавриленко В. С. та ін. Біосферний заповідник «Асканія-Нова» – природоохоронна науково-дослідна установа міжнародного значення : навч.-метод. посіб. для екскурсоводів / за ред. В. С. Гавриленка. Асканія-Нова : Біосферний заповідник «Асканія-Нова», 2010. 199 с.

38. Про затвердження Положення про біосферний заповідник «Асканія-Нова» імені Ф. Е. Фальц-Фейна : Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 04.01.2021 № 1.

39. Emerald Network in Ukraine: Assessing Military and Anthropogenic Impacts. Kyiv : UNCG, 2023. 45 p.

40. The Emerald Network in Ukraine: Supporting Nature Conservation for Sustainable Development. Washington, DC : World Bank Group, 2024. URL: https://thedocs.worldbank.org/en/doc/cf0461ef66e59174f40c9bbdb6dab12d-0080012026/original/The-Emerald-Network-in-Ukraine-flyer-ENG.pdf (дата звернення: 06.03.2026).

41. Детальні супутникові знімки результатів російського теракту // Texty.org.ua : вебсайт. 2023. URL: https://texty.org.ua/articles/109975/detalni-suputnykovi-znimky-rezultativ-rosijskoho-teraktu/ (дата звернення: 11.06.2026).

42. Василюк О. В., Куземко А. А., Шаповал В. В. Біотопи долини річки Дніпра до створення та після зникнення Каховського водосховища // Вісті Біосферного заповідника «Асканія-Нова». 2024. № 26(4). DOI: 10.53094/1682-2374/2024-26/4.

43. Губарева В. Пожежі в «Асканія-Нова»: наслідки воєнної окупації заповідника // Ukraine War Environmental Consequences Work Group. 08.10.2023. URL: https://uwecworkgroup.info/uk/fires-in-askania-nova-consequences-of-military-occupation-of-a-reserve/ (дата звернення: 06.04.2026).

44. Environment Act 2021 // UK Public General Acts. URL: https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2021/30/contents/enacted (дата звернення: 03.04.2026).

45. Biodiversity Net Gain Evaluation Report. London : Department for Environment, Food & Rural Affairs (Defra), 2023.

46. The Nature Recovery Network // Natural England Corporate Report. 2022. URL: https://www.gov.uk/government/publications/nature-recovery-network (дата звернення: 06.03.2026).

47. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII // Верховна Рада України : офіційний вебпортал. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12 (дата звернення: 18.04.2026).

48. Про вдосконалення навчання з питань охорони праці : Наказ Міністерства освіти України від 02.12.1998 № 420.

49. IV Конвенція про закони і звичаї війни на суходолі та додаток до неї // Верховна Рада України : офіційний вебпортал. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_222 (дата звернення: 06.05.2026).