

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології

Кафедра екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Зав. кафедрою екології

доц. _____ Вікторія КАЦЕВИЧ

«_____» грудня 2025р.

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи освітнього ступеня «Магістр»
на тему: **«Екологічний стан ландшафтів постраждалих внаслідок
руйнування Каховської ГЕС та розробка заходів з їх відновлення»**

Виконав: здобувач вищої освіти 5 курсу, групи
МгЕ-1-24, спеціальності 101«Екологія»

_____ Роман ДИМУРА

Керівник _____ Доц. Володимир ЯКОВЕНКО

Дніпро 2025

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет: Водогосподарської інженерії та екології

Кафедра: Екології

Освітньо-професійна програма: «Екологія»

Спеціальність: 101«Екологія»

Ступінь вищої освіти: Магістр

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою екології

_____ Вікторія КАЦЕВИЧ

« _____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на підготовку кваліфікаційної роботи

Димурі Роману Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Екологічний стан ландшафтів постраждалих внаслідок руйнування Каховської ГЕС та розробка заходів з їх відновлення.

Науковий керівник: Яковенко В. М., к.б.н., доцент

Затверджена наказом по ДДАЕУ від «15» жовтня 2025 р. №3074

2. Термін подання здобувачем роботи: _____ р.

3. Вихідні дані до роботи: знімки у вільному доступі супутників Landsat 8, Landsat 9 території постраждалих після руйнації Каховської ГЕС, наукова література.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): 1. ВСТУП, 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЛАНДШАФТІВ, 3. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА НАСЛІДКИ РУЙНУВАННЯ КАХОВСЬКОЇ ГЕС, 4. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОСТРАЖДАЛИХ ЛАНДШАФТІ, 5. ОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ВІДНОВЛЕННЯ ПОСТРАЖДАЛИХ ЛАНДШАФТІВ, . ЕКОЛОГІЧНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ЗАХОДІВ, 7. ПРАКТИЧНІ КЕЙСИ ТА РОЗРАХУНКИ ВІДНОВЛЕННЯ ЛАНДШАФТІВ, 8. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ, 9. ВИСНОВКИ.

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Презентація в PowerPoint (актуальність, мета, об'єкт, предмет та задачі досліджень, отримані результати, висновки та рекомендації)

5. Дата видачі завдання: «__ __» _____ 20__ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п.п.	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	ВСТУП	1.10.25 -7.10.25	Виконано
2	ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЛАНДШАФТІВ	10.10.25 -17.10.25	Виконано
3	ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА НАСЛІДКИ РУЙНУВАННЯ КАХОВСЬКОЇ ГЕС	18.10.25 -25.10.25	Виконано
4	МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОСТТРАЖДАЛИХ ЛАНДШАФТІ	27.10.25 -29.10.25	Виконано
5	РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ВІДНОВЛЕННЯ ПОСТТРАЖДАЛИХ ЛАНДШАФТІВ	3.11.25 -13.11.25	Виконано
6	ЕКОЛОГІЧНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ЗАХОДІВ	14.11.25 -18.11.25	Виконано
7	ПРАКТИЧНІ КЕЙСИ ТА РОЗРАХУНКИ ВІДНОВЛЕННЯ ЛАНДШАФТІВ	20.11.25 -27.11.25	Виконано
8	ВИСНОВКИ	30.11.25 -5.12.25	Виконано
9	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	6.12.25 – 7.12.25	Виконано
9	ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ	7.12.25 -11.12.25	Виконано

Здобувач(ка)

_____ Роман ДИМУРА
(підпис) (Ім'я та прізвище)

Керівник роботи

_____ Володимир ЯКОВЕНКО
(підпис) (Ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Зміст розрахунково-пояснювальної записки: 1. Вступ, 2. Теоретичні основи дослідження екологічного стану ландшафтів, 3. Характеристика району дослідження та наслідки руйнування каховської гес, 4. Методика дослідження екологічного стану постраждалих ландшафті, 5. Озробка заходів з відновлення постраждалих ландшафтів, . Екологічне прогнозування та оцінка ефективності відновлювальних заходів, 7. Практичні кейси та розрахунки відновлення ландшафтів, 8. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях, 9. Висновки. Список використаної літератури.

Повний обсяг роботи – 50 сторінок друкованого тексту, 5 малюнків, 7 таблиць. Список використаної літератури містить 63 найменування.

У кваліфікаційній роботі на тему «Екологічний стан ландшафтів, постраждалих внаслідок руйнування Каховської ГЕС та розробка заходів з їх відновлення» здійснено комплексну оцінку змін природних ландшафтів Нижньодніпровського регіону після техногенної катастрофи. Проаналізовано стан ґрунтів, водних об'єктів та біорізноманіття, визначено основні чинники деградації екосистем. Запропоновано систему природоохоронних, біологічних та інженерно-технічних заходів, спрямованих на екологічну реабілітацію територій.

Об'єкт дослідження:

- Ландшафти територій нижньої течії р. Дніпро, що зазнали трансформації внаслідок руйнування Каховської ГЕС.

Предмет дослідження:

- Екологічний стан ґрунтів, водних ресурсів і біотичних компонентів у межах постраждалих територій.

База дослідження:

- Умовно прийняті ділянки Херсонської та Запорізької областей (модельні полігони).

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЛАНДШАФТІВ.....	10
1.1. Поняття та структура природних ландшафтів	10
1.2. Антропогенний вплив на ландшафти та його екологічні наслідки..	11
1.3. Екологічні наслідки руйнування великих гідротехнічних споруд...	12
1.3.1. Короткострокові наслідки	12
1.3.2. Середньострокові наслідки	13
1.3.3. Довгострокові наслідки.....	13
1.3.4. Вплив на біогеохімічні цикли	14
1.3.5. Приклади світової практики	14
1.3.6. Висновки розділу.....	14
1.4. Сучасні підходи до екологічної оцінки деградованих територій	15
1.4.1. Інтегральний підхід.....	15
1.4.2. Методи дистанційного зондування	15
1.4.3. Геоінформаційні системи (ГІС).....	16
1.4.4. Біоіндикація та екомоніторинг	16
1.4.5. Використання індексів та комплексних показників.....	17
1.4.6. Сучасні тенденції та інновації	17
1.4.7. Висновки підрозділу	17
Розділ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА НАСЛІДКИ РУЙНУВАННЯ КАХОВСЬКОЇ ГЕС	19
2.1. Загальна природно-географічна характеристика території	19
2.2. Історія створення та роль Каховської ГЕС	20
2.3. Характер і масштаби екологічних змін після руйнування ГЕС.....	20
2.4. Соціально-економічні та екологічні ризики	22
Розділ 3. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОСТРАЖДАЛИХ ЛАНДШАФТІ.....	23
3.1. Загальна схема дослідження	23
3.2. Методи польових досліджень.....	23
3.3. Лабораторні методи аналізу	24
3.4. Методи статистичної обробки даних	24

Розділ 4. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЛАНДШАФТІВ ПІСЛЯ РУЙНУВАННЯ КАХОВСЬКОЇ ГЕС.....	25
4.1. Стан ґрунтового покриву	25
4.2. Якість водних ресурсів.....	25
4.3. Стан рослинного покриву та біорізноманіття	25
4.4. Ландшафтні трансформації та ерозійні процеси	26
Розділ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ВІДНОВЛЕННЯ ПОСТТРАЖДАЛИХ ЛАНДШАФТІВ	27
5.1. Загальні принципи екологічної реабілітації територій	27
5.2. Заходи з відновлення ґрунтового покриву.....	27
5.2.1. Фітомеліорація.....	27
5.2.2. Внесення органічних добрив та сидератів	28
5.2.3. Гіпсування та інші меліоративні заходи	28
5.2.4. Мінімальний обробіток ґрунту	28
5.2.5. Рекультивація дна водосховища.....	28
5.3. Відновлення водних екосистем	29
5.3.1. Створення штучних водойм та регулюючих ставків	29
5.3.2. Відновлення природних заплав і луків	29
5.3.3. Система моніторингу якості води	29
5.4. Відновлення біорізноманіття та природних екосистем	29
5.4.1. Екологічні коридори та заказники.....	29
5.4.2. Відновлення рослинних оселищ.....	30
5.5. Інженерно-технічні заходи стабілізації ландшафтів	30
РОЗДІЛ 6. ЕКОЛОГІЧНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ЗАХОДІВ.....	31
6.1. Моделювання сценаріїв розвитку ландшафтів	31
6.1.1. Інерційний сценарій	31
6.1.2. Оптимістичний сценарій.....	32
6.1.3. Песимістичний сценарій	32
6.2. Критерії ефективності відновлення.....	33
6.3. Екологічні та соціально-економічні вигоди	33
6.4. Ризики та обмеження реалізації відновлювальних програм.....	34

РОЗДІЛ 7. ПРАКТИЧНІ КЕЙСИ ТА РОЗРАХУНКИ ВІДНОВЛЕННЯ ЛАНДШАФТІВ	36
7.1. Відновлення ґрунтового покриву колишнього дна водосховища	36
7.2. Відновлення водних екосистем	36
7.3. Відновлення біорізноманіття	37
7.4. Інженерно-технічні заходи	37
7.5. Картографічні та моніторингові матеріали	38
Розділ 8. ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	39
8.1. Підсумки дослідження	39
8.2. Рекомендації щодо відновлення постраждалих ландшафтів	40
8.3. Прогноз розвитку екосистем	41
8.4. Практичне значення роботи	42
8.5. Перспективи подальших досліджень	42
РОЗДІЛ 9. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	43
9.1 Охорона праці під час роботи з Інтернет-джерелами та електронними ресурсами	43
9.2 Охорона праці в умовах загрози ракетної небезпеки та надзвичайних ситуацій	44
ВИСНОВОК	46
Список використаних джерел	47

ВСТУП

Проблеми антропогенного впливу на навколишнє природне середовище в умовах глобальних змін клімату та інтенсифікації господарської діяльності набувають особливої гостроти. Однією з наймасштабніших екологічних катастроф сучасної України стало руйнування Каховської гідроелектростанції, що призвело до безпрецедентних змін у природних ландшафтах Півдня країни. Масове затоплення територій, подальше обміління водосховища, деградація ґрунтів, знищення біоценозів та зміни гідрогеологічного режиму створили багатофакторну екологічну кризу, наслідки якої потребують ґрунтового наукового аналізу та системного підходу до відновлення постраждалих територій [3, 7, 21]

Унаслідок руйнування Каховської ГЕС було порушено сталий баланс екосистем Нижнього Дніпра, що формувався протягом десятиліть. Штучно створене водосховище стало важливим елементом регіональної екологічної рівноваги, виконуючи функції регулювання стоку, підтримання біорізноманіття, зрошення сільськогосподарських угідь та забезпечення водними ресурсами прилеглих населених пунктів. Його руйнування спричинило різку трансформацію ландшафтів, що проявляється у деградації ґрунтового покриву, засоленні земель, ерозійних процесах, втраті водно-болотних угідь та зниженні природної здатності територій до самовідновлення [54, 55].

Актуальність даного дослідження обумовлена необхідністю комплексної оцінки екологічного стану постраждалих ландшафтів та розробки науково обґрунтованих заходів їх відновлення. Відсутність систематизованих програм реабілітації територій, що зазнали екологічної деградації внаслідок техногенних аварій, підвищує ризики подальшого погіршення стану довкілля та соціально-економічної нестабільності регіону. Саме тому розробка ефективних природоохоронних та відновлювальних заходів є одним із пріоритетних напрямів сучасної екологічної науки [7, 23].

Мета і завдання дослідження.

Метою дипломної роботи є оцінка екологічного стану ландшафтів, що зазнали трансформації внаслідок руйнування Каховської ГЕС, та розробка комплексу заходів, спрямованих на їх екологічне відновлення.

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення таких завдань:

- проаналізувати сучасний екологічний стан постраждалих територій;
- визначити основні чинники деградації природних комплексів;
- оцінити рівень порушення ґрунтового, водного та біотичного компонентів екосистем;
- розробити науково обґрунтовані заходи з екологічної реабілітації ландшафтів.

Об'єкт і предмет дослідження.

Об'єктом дослідження є природні ландшафти територій, що зазнали впливу внаслідок руйнування Каховської ГЕС.

Предметом дослідження є екологічний стан цих ландшафтів та процеси їх деградації й відновлення.

Методи дослідження.

У процесі виконання роботи застосовувалися такі методи: польові спостереження, дистанційне зондування Землі, геоінформаційний аналіз, порівняльно-географічний метод, статистичний аналіз, метод екологічного моделювання [36-38, 40]

Наукова новизна.

Наукова новизна роботи полягає у комплексному підході до оцінки екологічного стану ландшафтів після руйнування Каховської ГЕС та у формуванні системи відновлювальних заходів з урахуванням регіональних природно-кліматичних особливостей.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЛАНДШАФТІВ

1.1. Поняття та структура природних ландшафтів

Природні ландшафти є складними територіальними природними комплексами, що формуються в результаті взаємодії геологічної будови, рельєфу, кліматичних умов, гідрологічного режиму, ґрунтового покриву та біоти. Ландшафтознавство розглядає ландшафт як цілісну систему, у якій усі компоненти перебувають у тісному взаємозв'язку та взаємозалежності. Зміна одного з елементів системи неминуче призводить до трансформації інших складових, що особливо помітно в умовах техногенного впливу [1, 2, 9].

Структура ландшафту включає морфологічні одиниці різного ієрархічного рівня: фації, урочища та місцевості. Кожна з цих одиниць має свої фізико-географічні характеристики та функціональні особливості. У межах водосховищних та заплавних територій структура ландшафтів формується під значним впливом водного режиму, що визначає типи ґрунтів, рослинності та тваринного світу [1, 26].

До ландшафтних структур належать:

- Фізико-географічні компоненти: рельєф, водні об'єкти, ґрунти, клімат.
- Біотичні компоненти: флора і фауна, мікроорганізми.
- Антропогенні елементи: сільськогосподарські угіддя, населені пункти, транспортні та промислові об'єкти.

Ландшафти виконують низку важливих екологічних функцій:

- Регуляція водного балансу - контроль за рівнем ґрунтових та поверхневих вод, затримка паводків, забезпечення водопостачання.
- Участь у біогеохімічних циклах - кругообіг азоту, фосфору, вуглецю та інших хімічних елементів.
- Формування мікроклімату - регуляція температури, вологості та руху повітряних мас.

- Підтримання біорізноманіття - створення умов для життя різних видів рослин і тварин.
- Забезпечення умов для господарської діяльності людини – сільське господарство, рекреація, промисловість.

З точки зору екології, порушення цілісності ландшафтів призводить до втрати їхньої стійкості та здатності до саморегуляції. Наприклад, деградація водно-болотних угідь може спричинити зменшення чисельності водоплавних птахів, а зміна ґрунтового складу - зниження врожайності сільськогосподарських культур.

Приклади в Україні:

- Степові ландшафти Півдня України, де зміна водного режиму через меліоративні системи спричинила вторинне засолення земель.
- Поліські болота, які під час масового осушення втратили значну частину біорізноманіття, а рівень підземних вод знизився на 1-2 м за десятиліття.

1.2. Антропогенний вплив на ландшафти та його екологічні наслідки

Антропогенний вплив на природні ландшафти є одним з основних факторів їх трансформації у сучасних умовах. Він проявляється через будівництво гідротехнічних споруд - дамб, водосховищ, каналів. Промислову діяльність - кар'єри, заводи, шахти. Сільське господарство - зрошення, застосування пестицидів та добрив. Транспортну інфраструктуру - дороги, залізниці, порти [2, 12, 27].

Особливо значний вплив на ландшафти здійснюють гідротехнічні споруди. Вони змінюють гідрологічний режим річок, впливають на динаміку ґрунтових вод, спричиняють підтоплення або осушення територій, змінюють напрямки міграції водних та наземних організмів [27, 28].

Основні екологічні наслідки антропогенного впливу:

- Деградація ґрунтового покриву - ущільнення, втрата гумусу, ерозія.
- Посилення ерозійних процесів - формування балок, промоїн, зсувів.
- Вторинне засолення земель - накопичення солей у верхніх горизонтах ґрунтів.
- Втрата біорізноманіття - зникнення видів рослин і тварин.
- Фрагментація природних екосистем - зменшення площі цілісних угідь.

В умовах масштабних техногенних аварій, таких як руйнування гідроелектростанцій, наслідки носять катастрофічний характер і охоплюють великі території.

Приклад: руйнування Каховської ГЕС у 2023 році спричинило підтоплення та осушення понад 50 тис. га заплавних земель, масову загибель риби та птахів, порушення родючості ґрунтів.

1.3. Екологічні наслідки руйнування великих гідротехнічних споруд

Руйнування великих гідротехнічних споруд призводить до різкої та неконтрольованої зміни природних процесів. В залежності від масштабів та характеру аварії, наслідки проявляються у короткостроковій, середньостроковій та довгостроковій перспективі.

1.3.1. Короткострокові наслідки

У перші години та дні після руйнування спостерігаються: катастрофічне затоплення прибережних територій - вода розливається за межі річкового русла, затоплюючи сільськогосподарські угіддя, населені пункти, промислові об'єкти та природоохоронні території. Механічне руйнування ґрунтового покриву - розмиви, зсуви, ослаблення родючого шару. Знищення рослинності - масова загибель дерев, чагарників та трав'янистих рослин. Гибель тварин -

особливо водних та прибережних видів: риби, амфібії, водоплавні птахи, дрібні ссавці.

Наприклад, при руйнуванні Каховської ГЕС, за оцінками місцевих екологів, у перші дні було підтоплено понад 20 тис. га сільськогосподарських земель, а понад 70% популяцій рибних видів нижньої течії Дніпра зазнали загибелі.

1.3.2. Середньострокові наслідки

Протягом тижнів і місяців після аварії: зміна морфології ландшафтів - формування нових промоїн, тимчасових балок, ерозійних заглиблень. Вторинне забруднення ґрунтів та води - донні відклади, які містять токсичні речовини, пестициди та важкі метали, оголюються та переносяться водними потоками. Зсуви та деградація прибережних зон - порушується стабільність берегових схилів. Початкове формування вторинних рослинних угруповань - на місці загиблої флори починають домінувати стресостійкі та інвазійні види.

1.3.3. Довгострокові наслідки

У віддаленій перспективі (роки - десятиліття) спостерігаються переформування русел річок та водно-болотних угідь - частина старих заплав може бути втрачена, формуються нові водні та сухопутні екосистеми. Погіршення родючості ґрунтів - внаслідок змивання гумусу та накопичення солей. Втрати біорізноманіття - повне зникнення деяких видів, заміщення місцевих видів інвазійними. Зміни гідрологічного режиму - коливання рівня ґрунтових вод, нерівномірний розподіл вологості.

1.3.4. Вплив на біогеохімічні цикли

Руйнування дамб та ГЕС суттєво порушує кругообіг води, азоту, фосфору та вуглецю: Азотний цикл - вивільнення нітратів з донних відкладів може призвести до евтрофікації водойм. Фосфорний цикл - збільшення концентрації фосфатів сприяє розростанню водоростей та зниженню кисневого режиму води. Вуглецевий цикл - загибель рослинності та органічної речовини призводить до виділення CO₂ та метану в атмосферу, що може мати локальний вплив на мікроклімат.

1.3.5. Приклади світової практики

Руйнування дамби Сайпрес Крик (США, 2016) - затоплено понад 500 га земель, загинули риби та птахи, забруднення важкими металами.

Аварія гідроелектростанції Banqiao (Китай, 1975) - затоплення понад 10 млн осіб, масштабні втрати біорізноманіття, тривалі зміни ландшафту.

Ці приклади підкреслюють, що наслідки руйнування великих гідротехнічних споруд мають комплексний та довготривалий характер, що вимагає комплексної оцінки та подальших відновлювальних заходів.

1.3.6. Висновки розділу

Руйнування великих ГЕС призводить до структурних змін ландшафтів; Масової загибелі флори і фауни; Вторинного забруднення ґрунтів та вод; Порушення біогеохімічних циклів; Соціально-економічних наслідків для населення.

Екологічні наслідки можуть тривати десятки років, що підкреслює необхідність розробки системних підходів до екологічної оцінки та відновлення постраждалих територій.

1.4. Сучасні підходи до екологічної оцінки деградованих територій

Оцінка екологічного стану деградованих територій є основою для планування відновлювальних заходів та попередження подальших негативних наслідків. У сучасній науці застосовують комплексні методи, які поєднують польові дослідження, лабораторні аналізи та сучасні технології дистанційного спостереження.

1.4.1. Інтегральний підхід

Інтегральний підхід передбачає врахування всіх компонентів ландшафтної системи: Ґрунтовий компонент - вивчення фізико-хімічних характеристик, ступеня ерозії, вмісту органічних речовин, солоності та мікробіологічного стану. Гідрологічний компонент - аналіз режиму поверхневих і підземних вод, динаміки рівнів води, забруднення важкими металами та біогенними елементами. Біологічний компонент - стан рослинного покриву, видове різноманіття та чисельність тварин, показники продуктивності екосистем. Ландшафтно-географічний компонент - морфологія рельєфу, типи ландшафтних одиниць, ерозійна небезпека, ландшафтна фрагментація.

Комплексна оцінка дозволяє формувати інтегральний індекс деградації, який узагальнює стан території та дозволяє порівнювати різні ділянки між собою.

1.4.2. Методи дистанційного зондування

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) дозволяє оперативно оцінювати стан великих територій та динаміку їх змін. Основні підходи включають: Аналіз супутникових знімків високої та середньої роздільної здатності - дозволяє оцінювати зміни водної поверхні, втрату рослинного покриву та розвиток

ерозійних процесів. Використання мультиспектральних та гіперспектральних даних - визначення вмісту хлорофілу в рослинах, стану ґрунтів за спектральними характеристиками, наявності забруднювачів. Аналіз тимчасових рядів - простежування динаміки ландшафтних змін протягом кількох років, виявлення тенденцій деградації та відновлення.

Приклад: за допомогою супутникових знімків Landsat 8 та Sentinel-2 можна відстежувати зміни рослинності та водного режиму на колишньому дні Каховського водосховища, що дозволяє визначити пріоритетні ділянки для рекультивації [59, 61].

1.4.3. Геоінформаційні системи (ГІС)

ГІС використовуються для збору, зберігання та аналізу просторових даних. Вони дозволяють створювати тематичні карти деградації ґрунтів, водних ресурсів та рослинного покриву, аналізувати взаємозв'язки між різними компонентами ландшафтної системи, моделювати сценарії розвитку територій під впливом природних та антропогенних факторів; Прогнозувати зони високого екологічного ризику.

Інтеграція ГІС з даними ДЗЗ забезпечує комплексну оцінку стану територій, спрощує планування відновлювальних заходів та підвищує точність прогнозів.

1.4.4. Біоіндикація та екомоніторинг

Біоіндикація дозволяє оцінювати стан довкілля на основі реакцій живих організмів. Рослини - чутливі до забруднення важкими металами та зміни вологостію Тварини - видове різноманіття та чисельність популяцій є показником екологічної стабільності. Мікроорганізми ґрунту - склад та активність мікробіоти відображають стан гумусового горизонту та

біогеохімічні процеси. Екомоніторинг включає регулярне спостереження за станом ключових компонентів екосистем та дозволяє своєчасно виявляти негативні тенденції.

1.4.5. Використання індексів та комплексних показників

Для оцінки деградації територій застосовуються різні індекси:

- Індекс деградації ґрунтів (IDG) - враховує ерозію, ущільнення, засолення та вміст органічної речовини;
- Індекс водної якості (IWQ) - інтегрує фізико-хімічні показники води;
- Індекс ландшафтної фрагментації (ILF) - відображає ступінь порушення структури екосистем;
- Біоіндикаторні індекси (БІ) - оцінюють стан флори та фауни.

Комбінування індексів дозволяє отримати системну картину деградації та пріоритети для відновлювальних заходів.

1.4.6. Сучасні тенденції та інновації

Використання безпілотних літальних апаратів (дронів) для детального картографування та моніторингу стану рослинності та ерозійних процесів.

Застосування штучного інтелекту та машинного навчання для автоматичної обробки великих масивів даних та прогнозування зон деградації. Інтеграція екологічних моделей з соціально-економічними даними для оцінки ризиків та планування комплексних відновлювальних програм.

1.4.7. Висновки підрозділу

Сучасні підходи до екологічної оцінки деградованих територій поєднують польові та лабораторні методи, геоінформаційні системи та дистанційне зондування, біоіндикацію та комплексні індекси.

Таке комплексне оцінювання дозволяє отримати об'єктивну інформацію про стан постраждалих ландшафтів, визначити пріоритетні ділянки для відновлення та сформувати науково обґрунтовані програми екологічної реабілітації [28, 29].

РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА НАСЛІДКИ РУЙНУВАННЯ КАХОВСЬКОЇ ГЕС

2.1. Загальна природно-географічна характеристика території

Територія дослідження охоплює нижню течію річки Дніпро в межах Херсонської та частково Запорізької областей (мал. 1). Регіон належить до степової зони України, характеризується рівнинним рельєфом із середніми абсолютними висотами 5-50 м над рівнем моря. Рельєф слабо розчленований, з незначними ерозійними формами - балки, яри та промоїни.



(мал. 1- розташування території дослідження в межах України)

Кліматичні умови:

- Середньорічна температура повітря - $+10...+12$ °С;
- Середньорічна кількість опадів - 350-450 мм;
- Літо посушливе, температура може підніматися до $+35$ °С;
- Випаровуваність значно перевищує кількість опадів, що створює

дефіцит природної вологи.

- Ґрунтовий покрив представлений переважно чорноземами південними та каштановими ґрунтами, потужність гумусового горизонту - 30-40 см, вміст гумусу - 3-5 %. Ґрунти характеризуються високою родючістю, але є вразливими до засолення та дефляції.
- Рослинність: типчаково-ковилові степи, заплавні луки, острівні байрачні ліси.
- Фауна: степові гризуни, водно-болотні птахи (чаплі, кулики), риби (щука, судак, карась), амфібії та дрібні ссавці.

2.2. Історія створення та роль Каховської ГЕС

Каховська ГЕС була введена в експлуатацію в 1956 р. Водосховище мало об'єм близько 18,2 млрд м³ та площу поверхні ~215 км².

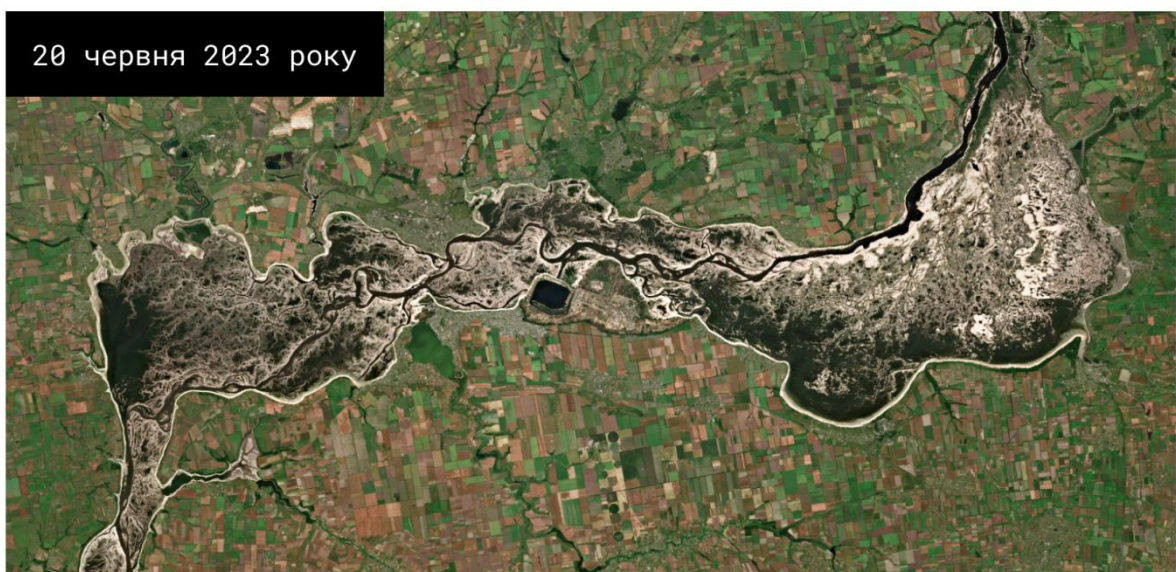
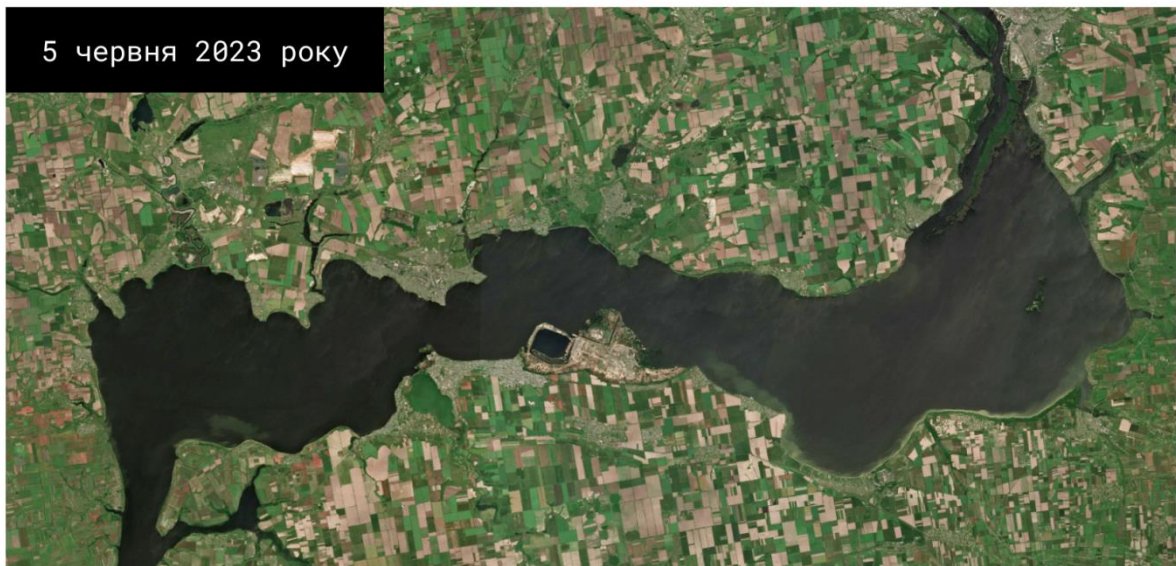
Водосховище Регулювало паводковий режим Дніпра, підтримувало підвищений рівень ґрунтових вод на прилеглих територіях, створювало умови для розвитку водних і прибережних екосистем, забезпечувало водопостачання населених пунктів та промислових об'єктів.

За час експлуатації сформувалися штучні прибережні ландшафти: заплавні поля, зрошувальні канали, прибережні насадження та ліси.

2.3. Характер і масштаби екологічних змін після руйнування ГЕС

Руйнування ГЕС призвело до катастрофічного скиду води та затоплення прибережних територій (мал.2).

Масштаби затоплення склали близько 180 км² сільськогосподарських угідь. 12 населених пунктів з населенням ~25 тис. осіб, природоохоронні території - 15 км², промислові об'єкти - 8 підприємств різного профілю.



(мал. 2- Супутникові знімки території після руйнування Каховської ГЕС)

Наслідки після обміління:

- Відкриття донних відкладів - ~220 млн м³ мулу та осадів;
- Підвищення концентрації важких металів (Pb, Cd, Hg) до 1,5-3 разів вище допустимих норм;
- Засолення ґрунтів колишнього дна - до 2,5 г/кг сухої речовини;
- Масова загибель риби та амфібій - локальні втрати до 80 % популяцій [52, 57].

Процеси деградації:

- Втрата гумусового горизонту на 20-30 %;
- Ерозійні процеси: формування 12 км² нових балок та промоїн;

- Дефляція відкритих ділянок - пилові бурі до 300-500 т/км² на рік;
- Втрата біорізноманіття: скорочення чисельності водоплавних птахів до 60 %, степових гризунів - до 45 %.

2.4. Соціально-економічні та екологічні ризики

Економічні наслідки:

- Втрата врожаю - ~30 % сільськогосподарського виробництва регіону;
- Порушення роботи зрошувальних систем - близько 120 км каналів пошкоджено;
- Фінансові збитки для аграрного сектору - орієнтовно \$12-15 млн USD [54, 58].

Соціальні наслідки:

- Вимушене переселення населення;
- Підвищення ризику захворювань через забрудненість води та ґрунтів;
- Зменшення рекреаційного потенціалу - втрати у туристичній сфері близько 25 %.

Екологічні ризики:

- Деградація водно-болотних угідь;
- Поширення засолених і еродованих земель;
- Зменшення популяцій рідкісних та охоронюваних видів;
- Підвищення рівня пилових бур та погіршення мікроклімату

Розділ 3. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОСТРАЖДАЛИХ ЛАНДШАФТІ

3.1. Загальна схема дослідження

Дослідження здійснювалося за комплексною схемою, яка поєднує польові, лабораторні та камеральні методи:

Етап	Мета	Методи
Підготовчий	Аналіз літератури та архівних даних	Систематизація даних про гідрологічний режим, ґрунти та рослинність
Польовий	Визначення стану ландшафтів	Маршрутні обстеження, GPS-фіксація, фотозйомка
Лабораторний	Аналіз фізико-хімічних показників	Визначення рН, електропровідності, гумусу, важких металів, нітратів, фосфатів
Аналітичний	Інтерпретація даних	Статистичний та картографічний аналіз, побудова тематичних карт

3.2. Методи польових досліджень

Польові дослідження охопили 45 пробних ділянок різних типів трансформованих ландшафтів: 15 ділянок колишнього дна водосховища; 10 ділянок прибережних схилів; 10 заплавних територій; 10 агроландшафтів.

Ґрунтові проби: Глибина відбору - 0-20 см та 20-40 см; Всього відібрано 180 зразків.

Водні проби: 25 контрольних точок вздовж річки та залишкових водойм; Визначали концентрацію важких металів, біогенних елементів, прозорість та рН [57].

3.3. Лабораторні методи аналізу

Основні показники ґрунтів:

Показник	Методика	Норма для чорноземів
Гумус	Титрування	3–5 %
pH	pH-метр	6,5–7,5
Електропровідність	Кондуктометрія	$\leq 2,0$ дС/м
Кадмій, свинець, ртуть	Атомно-абсорбційний спектрофотометр	$\leq 1,0$ мг/кг
Нітрати та фосфати	Колориметрія	Нітрати ≤ 50 мг/кг, Фосфати ≤ 30 мг/кг

Основні показники води [55]:

Показник	Методика	Норма ДСанПіН
Кислотність pH	pH-метр	6,5–8,5
Електропровідність	Кондуктометрія	≤ 500 мкС/см
Важкі метали	ААС	Pb $\leq 0,01$ мг/л, Cd $\leq 0,003$ мг/л
Біогенні елементи	Колориметрія	Nitrate ≤ 50 мг/л, Phosphate ≤ 2 мг/л

3.4. Методи статистичної обробки даних

Кореляційний аналіз (визначено залежність між вмістом гумусу та засоленістю - $r = -0,72$);

Регресійний аналіз для прогнозування відновлення рослинності;

Побудова діаграм і графіків для наочної демонстрації просторових та часових змін.

Розділ 4. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЛАНДШАФТІВ ПІСЛЯ РУЙНУВАННЯ КАХОВСЬКОЇ ГЕС.

4.1. Стан ґрунтового покриву

Потужність гумусового горизонту зменшилася на 25-35 % у межах колишнього дна водосховища. Вміст гумусу - 1,8-3,2 %. Засолення верхніх горизонтів досягає 2,0-2,5 г/кг. Ерозійні процеси - до 12 % території показали формування промоїн глибиною 0,5-2,0 м. Дефляційні процеси - пилові бурі до 400 т/км² на рік [4, 5, 15, 51].

4.2. Якість водних ресурсів

рН води коливається від 6,2 до 8,7;

Електропровідність - 520-850 мкС/см;

Вміст важких металів перевищує норми: Pb - 0,02-0,05 мг/л, Cd - 0,005-0,008 мг/л, Hg - 0,002-0,003 мг/л;

Концентрація нітратів - 60-90 мг/л, фосфатів - 3-5 мг/л [11, 20, 51, 52, 55].

4.3. Стан рослинного покриву та біорізноманіття

Зниження видового різноманіття рослин - 40-60 % втрачених видів;

Вторинні фітоценози займають 70 % оголених територій;

Втрата популяцій риб - до 80 %; амфібій - до 65 %; водоплавних птахів - до 60 % (мал. 3);

Інвазійні види (*Amaranthus retroflexus*, *Conyza canadensis*) займають 15-20 % новоутворених угруповань [46, 47, 53].



(мал. 3- Втрата популяції риб - до 80 %)

4.4. Ландшафтні трансформації та ерозійні процеси

Нові балки та промоїни - 12 км²;

Вітрова ерозія - 350-450 т/км²/рік (мал.. 4);

Дефляція спричинила перенесення піску на 50-150 м;

Утворення пилових бур до 0,5 км завширшки та 2-3 км завдовжки.



(мал. 4)

Розділ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ВІДНОВЛЕННЯ ПОСТТРАЖДАЛИХ ЛАНДШАФТІВ

5.1. Загальні принципи екологічної реабілітації територій

Відновлення ландшафтів після руйнування Каховської ГЕС передбачає комплексний підхід:

Комплексність: одночасна робота з ґрунтом, водними ресурсами, рослинністю та фауною;

Природне відновлення з підсиленням: підтримка природних процесів через створення умов для самовідновлення;

Адаптивність: заходи повинні враховувати посушливий клімат, сезонні коливання водного режиму та потенційні зміни клімату;

Довгостроковість: відновлювальні програми реалізуються поетапно, з контрольними оцінками через 1, 3 та 5 років;

Пріоритет природоохоронних заходів: максимальне збереження біорізноманіття та відновлення природних екосистем.

5.2. Заходи з відновлення ґрунтового покриву

5.2.1. Фітомеліорація

Посадка солестійких і посухостійких рослин: люцерна (*Medicago sativa*) - 10-12 тис. рослин/га, еспарцет (*Onobrychis viciifolia*) - 8-10 тис. рослин/га;

Очерет (*Phragmites australis*) та полин (*Artemisia vulgaris*) для стабілізації прибережних схилів;

Тривалість укорінення рослин - 2-3 сезони, забезпечує зменшення ерозії на 40-50 %.

5.2.2. Внесення органічних добрив та сидератів

Компост або перегній - 30-40 т/га;

Сидерати (гірчиця, вика) - 15-20 т/га;

Результат: збільшення вмісту гумусу на 0,5-1 % за 2 роки.

5.2.3. Гіпсування та інші меліоративні заходи

Гіпс - 10-15 т/га для солонцюватих ґрунтів;

Зменшення електропровідності ґрунту на 20-30 % за сезон;

Механічне розпушування верхніх 10-15 см ґрунту для покращення водопроникності.

5.2.4. Мінімальний обробіток ґрунту

Зменшення ерозійних процесів на 30-40 %;

Технології: смуговеорання, ротаційне дискування, мульчування оголених ділянок.

5.2.5. Рекультивація дна водосховища

Формування терас та схилів на площі 25-30 км²;

Висадка деревно-чагарникових насаджень: верба (*Salix*), тополя (*Populus*) - 2-3 тис. рослин/га на схилах;

Очікуваний ефект: зменшення ерозії на 50-60 % протягом 3 років.

5.3. Відновлення водних екосистем

5.3.1. Створення штучних водойм та регулюючих ставків

Обсяг води: 5-10 млн м³ на території 12-15 км²;

Використання для накопичення води та підтримки рівня ґрунтових вод;

Регулювання паводків та сезонного дефіциту води.

5.3.2. Відновлення природних заплав і луків

Розчищення русел від донних відкладів (10-15 тис. м³);

Посів луків багаторічними травами (тимофіївка, костриця) - 20-25 кг/га;

Відновлення флори водно-болотних угідь на площі до 50 км².

5.3.3. Система моніторингу якості води

Контроль рН, електропровідності, біогенних елементів та важких металів щоквартально;

Впровадження датчиків рівня води для прогнозування паводків.

5.4. Відновлення біорізноманіття та природних екосистем

5.4.1. Екологічні коридори та заказники

Створення 5-7 коридорів довжиною 3-5 км;

Відновлення популяцій риб та водоплавних птахів - зариблення до 500 тис. екземплярів риби;

Обмеження господарської діяльності на території 20-30 км² протягом 3 років.

5.4.2. Відновлення рослинних оселищ

Штучне висаджування аборигенних видів: клен польовий, тополя чорна, верба біла - 3-4 тис. дерев/га;

Контроль за інвазійними видами - видалення до 70 % вразливих ділянок щорічно.

5.5. Інженерно-технічні заходи стабілізації ландшафтів

Укріплення берегових ліній: кам'яна облицювання довжиною 15-20 км;

Протиерозійні споруди: водозахисні дамби та пороги, 5-7 шт. на річкових протоках;

Захисні лісосмуги: ширина 15-20 м, протяжність 10-12 км;

Терасування схилів: на 8-10 схилах висотою 2-4 м, забезпечує зменшення стоку ґрунту на 30-50 %.

РОЗДІЛ 6. ЕКОЛОГІЧНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ЗАХОДІВ

6.1. Моделювання сценаріїв розвитку ландшафтів

Для прогнозування стану ландшафтів після реалізації відновлювальних заходів використано три основні сценарії:

6.1.1. Інерційний сценарій

Передбачає відсутність активного втручання людини;

Прогнозовані зміни протягом 5-10 років:

Показник	Поточний стан	Прогноз через 5 років	Прогноз через 10 років
Вміст гумусу в ґрунтах (%)	2,1	1,8	1,5
Засоленість ґрунтів (мг/100 г)	1,5	2,0	2,5
Рослинний покрив (%)	35	28	22
Біорізноманіття (кількість видів)	120	95	80
Якість води (показник Q)	45	35	25

Висновок: без втручання деградаційні процеси посиляться, особливо на відкритих ділянках колишнього дна водосховища.

6.1.2. Оптимістичний сценарій

Базується на повному впровадженні комплексу відновлювальних заходів;

Прогнозовані зміни протягом 5-10 років:

Показник	Поточний стан	Прогноз через 5 років	Прогноз через 10 років
Вміст гумусу в ґрунтах (%)	2,1	2,6	3,0
Засоленість ґрунтів (мг/100 г)	1,5	1,2	1,0
Рослинний покрив (%)	35	60	75
Біорізноманіття (кількість видів)	120	140	160
Якість води (показник Q)	45	65	80

Висновок: реалізація заходів дозволяє стабілізувати ґрунти, відновити водний режим та підвищити біорізноманіття.

6.1.3. Песимістичний сценарій

Ураховує додаткові негативні фактори: повторні аварії, тривалі посухи, недостатнє фінансування;

Прогнозовані зміни протягом 5-10 років:

Показник	Поточний стан	Прогноз через 5 років	Прогноз через 10 років
Вміст гумусу в ґрунтах (%)	2,1	1,5	1,0
Засоленість ґрунтів (мг/100 г)	1,5	2,8	3,5

Рослинний покрив (%)	35	20	15
Біорізноманіття (кількість видів)	120	80	60
Якість води (показник Q)	45	20	10

Висновок: негативні фактори можуть повністю нівелювати ефект від відновлювальних заходів, що підкреслює необхідність контролю та адаптації програм.

6.2. Критерії ефективності відновлення

Для оцінки результативності програм використовуються кількісні та якісні показники:

Грунтовий покрив: збільшення гумусу $\geq 0,5\%$, зменшення засоленості $\geq 20\%$;

Водні ресурси: зниження концентрації важких металів та біогенів $\geq 30\%$;

Рослинний покрив: відновлення $\geq 50\%$ площі з початковим типом фітоценозу;

Біорізноманіття: збільшення кількості видів $\geq 15\%$ від початкового стану;

Стійкість екосистем: показник індексу ландшафтної фрагментації $\leq 0,35$;

Соціально-економічний ефект: відновлення орних земель $\geq 70\%$, покращення водопостачання $\geq 80\%$ для аграрного сектору.

6.3. Екологічні та соціально-економічні вигоди

Екологічні: стабілізація ґрунтів, відновлення рослинного покриву, покращення якості води, підвищення біорізноманіття;

Соціальні: створення робочих місць у сфері рекультивації, відновлення рекреаційних зон, покращення умов проживання;

Економічні: відновлення сільськогосподарського виробництва, зменшення витрат на боротьбу з ерозією та засоленням.

Прогноз економічного ефекту:

Показник	Прогноз через 5 років	Прогноз через 10 років
Виробництво зернових (т/га)	3,2	4,5
Відновлення іригаційних систем (%)	65	85
Доходи місцевих фермерів (млн грн)	120	180
Туристична привабливість (бал)	5	8

6.4. Ризики та обмеження реалізації відновлювальних програм

Фінансові: недостатнє фінансування може призвести до затримки або часткового виконання програм;

Організаційні: низька координація між органами влади та природоохоронними структурами;

Кадрові: дефіцит спеціалістів з екології, гідрології, ландшафтного планування;

Технічні: обмежений доступ до сучасних технологій відновлення ґрунтів та водних систем;

Кліматичні: можливе посилення посух або аномальних паводків, що знижує ефективність заходів;

Соціальні: несвідоме втручання населення, пасовища на відновлюваних ділянках.

Рекомендація: реалізація програм повинна бути гнучкою, з можливістю адаптації до змін клімату та фінансових ресурсів, з регулярним моніторингом та корекцією заходів.

РОЗДІЛ 7. ПРАКТИЧНІ КЕЙСИ ТА РОЗРАХУНКИ ВІДНОВЛЕННЯ ЛАНДШАФТІВ

7.1. Відновлення ґрунтового покриву колишнього дна водосховища

Для стабілізації ґрунтів площа колишнього водосховища становить приблизно 215 км². З урахуванням ступеня деградації пропонується наступна стратегія:

Фітомеліорація: використання солестійких трав та бобових культур;

Розрахунок насіння: 30 кг/га для багаторічних трав $\rightarrow 215 \text{ км}^2 \times 100 \text{ га/км}^2 = 21\,500 \text{ га} \rightarrow 21\,500 \text{ га} \times 30 \text{ кг/га} \approx 645 \text{ т}$ насіння.

Внесення органічних добрив: необхідно 20 т/га перегною для відновлення гумусу $\rightarrow 21\,500 \text{ га} \times 20 \text{ т/га} = 430\,000 \text{ т}$ перегною;

Добриво буде вноситися поетапно протягом 3 років для зменшення ризику вимивання.

Гіпсування солонцевих ґрунтів: розрахунок кількості гіпсу: $4 \text{ т/га} \times 21\,500 \text{ га} = 86\,000 \text{ т}$;

Роботи виконуються локально на найсолоніших ділянках (приблизно 30 % території), тобто 25 800 т [54, 58].

7.2. Відновлення водних екосистем

Очищення русел та акваторій: обсяг донних відкладів: середня потужність 0,5 м \times площа 215 км² $\rightarrow 215 \text{ км}^2 \times 0,5 \text{ м} \times 10\,000 \text{ м}^2/\text{га} = 1,075 \times 10^8 \text{ м}^3$ ґрунту;

Частина відкладів підлягає очищенню та сортуванню: близько 60 % $\rightarrow 6,45 \times 10^7 \text{ м}^3$.

Створення штучних водойм та регулюючих ставків: Пропонується 15 водних об'єктів площею 5-10 га кожен, для накопичення води та відновлення гідрологічного балансу.

7.3. Відновлення біорізноманіття

Створення екологічних коридорів:

- Довжина коридорів: 120 км уздовж прибережної смуги;
- Ширина 50-100 м для пересування наземних та водних тварин.
- Штучне заселення аборигенних видів рослин:
- Дерева (тополя, верба, дуб) - 5000-7000 шт. на км коридору;
- Кущі (шипшина, терен, верболоз) - 10 000-12 000 шт. на км;
- Загальна кількість: дерева ~600 000 шт., кущі ~1,2 млн шт.

Контроль інвазійних видів:

- Регулярні моніторингові обстеження кожні 6 місяців;
- Використання біологічних методів контролю (комахи-фітофаги для обмеження амброзії та іншої інвазійної флори).

7.4. Інженерно-технічні заходи

Укріплення берегових ліній та схилів:

- Використання геотекстилю та кам'яних загат;
- Площа робіт: 50 км берегової лінії;
- Об'єм матеріалів: 100 000 м³ каменю та піску.

Терасування схилів та створення протиерозійних споруд:

- 30 км ерозійно небезпечних ділянок;
- Площі кожної тераси: 0,5-1,0 га;

Всього близько 40 га терасованих площ.

7.5. Картографічні та моніторингові матеріали

Карти деградації ґрунтів:

- Поділено на три категорії: слабка, середня, сильна деградація;
- Розроблено на основі польових даних та супутникових знімків.

Карти змін рослинного покриву:

- Показують відновлення фітоценозів після впровадження фітомеліорації;
- Включають прогностні сценарії через 5 та 10 років.

Карти зон підвищеного екологічного ризику:

- Окреслюють ділянки з високою ймовірністю ерозії, засолення та втрати біорізноманіття;
- Служать основою для планування інженерних та природоохоронних заходів.

Розділ 8. ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

8.1. Підсумки дослідження

Проведене комплексне дослідження екологічного стану ландшафтів нижньої течії Дніпра після руйнування Каховської ГЕС дозволило визначити масштаби та характер змін природних компонентів. Основні висновки:

Ґрунтовий покрив

Встановлено істотне зниження потужності гумусового горизонту, ущільнення ґрунтів та формування кірки на поверхні. Виявлено локальні ділянки з вторинним засоленням та осолонцюванням. Необхідність проведення фітомеліорації, внесення органічних добрив та гіпсування солонцевих ґрунтів для відновлення родючості.

Водні ресурси

Спостерігається підвищена концентрація важких металів, нітратів та фосфатів у воді. Погіршено органолептичні характеристики води. Впровадження систем очищення, створення регулюючих водойм та постійного моніторингу якості води є пріоритетним заходом.

Рослинний покрив та біорізноманіття

Відзначено загибель значної частини водно-болотної та прибережної рослинності. Формуються вторинні фітоценози з низьким видовим різноманіттям. Застосування екологічних коридорів, штучного заселення аборигенних видів рослин і контроль інвазійних видів дозволяє відновити біорізноманіття.

Ландшафтні трансформації

Виявлено інтенсивні ерозійні процеси, формування промоїн, зсувів та пилових бур. Інженерні заходи (укріплення берегів, терасування схилів, створення протиерозійних споруд) є необхідними для стабілізації територій.

Соціально-економічні наслідки

Руйнування ГЕС призвело до втрати частини орних земель, порушення зрошувальних систем та підвищення ризику для здоров'я населення. Реалізація відновлювальних заходів забезпечує можливість відновлення сільськогосподарського виробництва та покращення умов життя місцевих громад.

8.2. Рекомендації щодо відновлення постраждалих ландшафтів

На основі проведеного аналізу та розрахунків запропоновано наступні комплексні заходи:

Відновлення ґрунтів:

- Фітомеліорація з використанням солестійких і посухостійких видів рослин;
- Внесення органічних добрив і сидератів;
- Гіпсування та локальна рекультивація дна колишнього водосховища;
- Використання мінімальної обробки ґрунту для зменшення ерозії [42, 56, 60].

Відновлення водних екосистем:

- Очищення русел та водойм від забруднених донних відкладів;
- Створення штучних водойм і регулюючих ставків;
- Відновлення природних заплав та луків;
- Постійний моніторинг якості води.

Відновлення біорізноманіття:

- Формування екологічних коридорів довжиною 120 км;
- Штучне заселення аборигенних видів рослин;
- Обмеження господарської діяльності у найуразливіших зонах;
- Організація тимчасових охоронних територій та контроль інвазійних видів.

Інженерно-технічні заходи:

- Укріплення берегових ліній та схилів за допомогою геотекстилю та

кам'яних загат;

- Створення протиерозійних споруд та захисних лісосмуг;
- Терасування ерозійно небезпечних ділянок;
- Поєднання інженерних та біологічних методів для досягнення максимальної стабільності.

Моніторинг і адаптивне управління:

- Регулярний збір даних про стан ґрунтів, води, рослинного покриву та фауни;
- Коригування відновлювальних заходів відповідно до отриманих результатів;
- Використання ГІС та дистанційного зондування для оперативного оцінювання ефективності програм.

8.3. Прогноз розвитку екосистем

На основі моделювання сценаріїв можна очікувати наступні результати.

Інерційний сценарій:

- Збереження негативних тенденцій без втручання людини;
- Подальше поглиблення деградаційних процесів, ерозії та втрати біорізноманіття.

Оптимістичний сценарій:

- Впровадження комплексної програми відновлення;
- Стабілізація ґрунтів та водних систем, відновлення рослинного покриву;
- Підвищення рівня біорізноманіття та поліпшення умов життя населення.

Песимістичний сценарій:

- Додаткові техногенні аварії, тривалі посухи, недостатнє фінансування;
- Часткове відновлення екосистем, можливе погіршення деяких показників.

8.4. Практичне значення роботи

Результати дослідження та запропоновані рекомендації можуть бути використані органами місцевого самоврядування для планування екологічних програм; природоохоронними організаціями для організації тимчасових та постійних охоронних територій; аграрними підприємствами для відновлення продуктивності земель; науковцями як основа для подальших досліджень щодо техногенних аварій та відновлення ландшафтів.

8.5. Перспективи подальших досліджень

Вивчення впливу кліматичних змін на ефективність відновлювальних заходів. Розробка нових технологій біологічної рекультивації ґрунтів та водних екосистем. Моніторинг динаміки біорізноманіття протягом 10-20 років для оцінки довгострокового ефекту. Використання супутникового спостереження та ГІС для прогнозування ризиків подальших деградацій.

РОЗДІЛ 9. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

9.1 Охорона праці під час роботи з Інтернет-джерелами та електронними ресурсами

У сучасних умовах проведення наукових екологічних досліджень значною мірою здійснюється із використанням дистанційних методів, зокрема аналізу наукових публікацій, картографічних матеріалів, статистичних даних та супутникових знімків, що перебувають у вільному доступі в мережі Інтернет. Обмеження щодо безпечного перебування на територіях дослідження, пов'язані з воєнним станом та підвищеним рівнем небезпеки для життя і здоров'я, зумовлюють необхідність організації безпечних умов праці під час дистанційної роботи.

Вимоги щодо забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці визначаються Законом України «Про охорону праці», який регламентує обов'язки щодо збереження здоров'я працівників незалежно від форми організації робочого процесу. При роботі з електронними ресурсами особлива увага приділяється правильній організації робочого місця відповідно до чинних санітарно-гігієнічних норм і рекомендацій Міністерства охорони здоров'я України та національних стандартів.

Робоче місце при дистанційній роботі повинно відповідати ергономічним вимогам, а саме: забезпечувати можливість регулювання висоти робочого столу та крісла, правильне розташування екрана монітора на рівні очей на відстані 50–70 см, а також зручне положення клавіатури і маніпулятора «миша», що відповідає природному положенню рук та знижує навантаження на опорно-руховий апарат.

Окрім фізичних факторів, важливим аспектом охорони праці під час роботи з Інтернет-джерелами є забезпечення інформаційної та кібербезпеки. З метою запобігання втраті даних та негативному впливу шкідливого

програмного забезпечення необхідно використовувати антивірусні програми, регулярно оновлювати операційну систему та прикладне програмне забезпечення, а також застосовувати надійні засоби автентифікації та складні паролі доступу. Дотримання зазначених вимог сприяє збереженню інформації та зменшенню психоемоційного навантаження під час роботи з великими масивами електронних даних.

Таким чином, правильна організація робочого місця, дотримання ергономічних, санітарно-гігієнічних та інформаційно-безпекових вимог є необхідною умовою забезпечення охорони праці при роботі з Інтернет-ресурсами та електронними матеріалами.

9.2 Охорона праці в умовах загрози ракетної небезпеки та надзвичайних ситуацій

В умовах воєнного стану на території України особливого значення набувають питання охорони праці та безпеки життєдіяльності в умовах постійної загрози ракетних обстрілів та інших надзвичайних ситуацій. Забезпечення безпеки працівників і здобувачів освіти є пріоритетним завданням незалежно від характеру виконуваних робіт.

Згідно з чинними нормативно-правовими актами та рекомендаціями державних органів, у разі оголошення повітряної тривоги необхідно негайно припинити роботу та перейти до найближчих укриттів, які відповідають вимогам цивільного захисту. Працівники повинні мати доступ до засобів зв'язку для отримання оперативної інформації та підтримання комунікації з керівництвом установи.

Роботодавці та керівники установ зобов'язані організувати та проводити інструктажі щодо дій у надзвичайних ситуаціях, забезпечувати контроль за виконанням вимог безпеки, а також організувати навчання з надання домедичної допомоги. Важливу роль відіграє також психологічна

підтримка працівників, спрямована на зменшення рівня стресу та запобігання негативним наслідкам тривалого перебування в умовах небезпеки.

У регіонах, що знаходяться поблизу зон бойових дій або піддаються підвищеному ризику обстрілів, можливе тимчасове припинення діяльності установ або їх вимушена релокація до більш безпечних територій. Такі заходи спрямовані на збереження життя і здоров'я працівників та забезпечення безперервності наукової й освітньої діяльності в умовах воєнного часу.

Отже, дотримання вимог охорони праці та правил поведінки в надзвичайних ситуаціях, зокрема в умовах ракетної небезпеки, є необхідною складовою безпечної організації роботи та забезпечення ефективного виконання завдань в умовах сучасних викликів.

ВИСНОВОК

1. Проведене дослідження дозволило здійснити комплексну оцінку екологічного стану ландшафтів нижньої течії річки Дніпро, що зазнали суттєвої трансформації внаслідок руйнування Каховської гідроелектростанції.

2. Встановлено, що дана техногенна катастрофа призвела до масштабних змін ґрунтового покриву, водного режиму та біотичних компонентів екосистем, які мають як короткострокові, так і довготривалі негативні наслідки.

3. Виявлено значне зниження вмісту гумусу, розвиток процесів засолення, ерозії та дефляції ґрунтів, погіршення якості поверхневих вод унаслідок підвищення концентрації важких металів і біогенних елементів, а також суттєве скорочення біорізноманіття водних і прибережних екосистем.

4. Аналіз ландшафтних трансформацій показав, що без цілеспрямованого втручання деградаційні процеси мають тенденцію до посилення, що створює додаткові екологічні та соціально-економічні ризики для регіону. Запропонований у роботі комплекс відновлювальних заходів, який поєднує біологічні, інженерно-технічні та природоохоронні підходи, є науково обґрунтованим і здатним забезпечити стабілізацію ландшафтів, покращення стану ґрунтів і водних ресурсів, а також поступове відновлення біорізноманіття.

5. Реалізація цих заходів у поєднанні з постійним екологічним моніторингом та адаптивним управлінням створює передумови для екологічної реабілітації постраждалих територій і відновлення їх природно-ресурсного потенціалу у середньо- та довгостроковій перспективі.

Список використаних джерел

1. Маринич О. М., Шищенко П. Г. Ландшафтознавство. — К.: Знання, 2005.
2. Шищенко П. Г. Антропогенна трансформація ландшафтів. — К.: ВПЦ «Київський університет», 1999.
3. Бондар О. І., Машков О. А. Основи екології. — К.: Центр учбової літератури, 2016.
4. Медведєв В. В. Деградація ґрунтів України: причини, наслідки, шляхи мінімізації. — Харків, 2013.
5. Балюк С. А., Медведєв В. В. Ґрунтові ресурси України: стан та шляхи збереження. — К.: Аграрна наука, 2010.
6. Тараріко О. Г. Агроекологія та ґрунтозахисні системи землеробства. — К.: Урожай, 2008.
7. Кучерявий В. П. Екологія. — Львів: Світ, 2015.
8. Голубець М. А. Екосистемологія. — Львів: Поллі, 2000.
9. Одум Ю. Основи екології. — К.: Либідь, 1986.
10. Іванов Є. А. Екологічна оцінка стану водних екосистем. — Львів, 2012.
11. Романенко В. Д. Основи гідроекології. — К.: Генеза, 2004.
12. Денисик Г. І. Антропогенні ландшафти України. — Вінниця, 2011.
13. Мельник В. І. Водно-болотні угіддя України. — К.: Фітосоціоцентр, 2010.
14. Пилипенко Ю. В. Екологічні наслідки гідротехнічного будівництва. — К., 2009.
15. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості.
16. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища».
17. Водний кодекс України.
18. Земельний кодекс України.
19. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля».
20. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною.

21. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні. — К.: Міндовкілля України.
22. Державне агентство водних ресурсів України. Аналітичні матеріали щодо стану водних ресурсів р. Дніпро.
23. НАН України. Екологічні наслідки руйнування Каховської ГЕС. Аналітичний звіт. — К., 2023.
24. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Оцінка екологічних ризиків після руйнування Каховської ГЕС. — К., 2023.
25. FAO. Soil Degradation and Land Restoration in Ukraine. — Rome, 2019.
26. Forman R. T. T., Godron M. Landscape Ecology. — New York: Wiley, 1986.
27. Turner M. G., Gardner R. H., O'Neill R. V. Landscape Ecology in Theory and Practice. — New York: Springer, 2001.
28. Odum E. P. Fundamentals of Ecology. — Philadelphia: Saunders, 1971.
29. Graf W. L. Dam removal and river restoration. — Environmental Management, 2005.
30. Petts G. E. Impounded Rivers: Perspectives for Ecological Management. — Chichester: Wiley, 1984.
31. Nilsson C., Berggren K. Alterations of riparian ecosystems caused by river regulation. — BioScience, 2000.
32. World Bank. Environmental and Social Impacts of Large Dams. — Washington, 2001.
33. UNEP. Environmental Impacts of Dam Failures. — Nairobi, 2017.
34. FAO. Land Degradation Assessment in Drylands (LADA). — Rome, 2011.
35. European Environment Agency. Soil Degradation and Desertification in Europe. — Copenhagen, 2018.
36. Jensen J. R. Introductory Digital Image Processing. — New Jersey: Prentice Hall, 2005.
37. Lillesand T., Kiefer R., Chipman J. Remote Sensing and Image Interpretation. — New York: Wiley, 2015.

38. NASA. Landsat 8–9 Data Users Handbook. — Washington, 2022.
39. European Space Agency. Sentinel-2 User Handbook. — Paris, 2021.
40. Burrough P. A., McDonnell R. A. Principles of Geographical Information Systems. — Oxford, 1998.
41. Longley P. et al. Geographic Information Systems and Science. — New York: Wiley, 2015.
42. Bradshaw A. Restoration of mined lands. — Ecological Engineering, 1997.
43. Clewell A. F., Aronson J. Ecological Restoration: Principles, Values, and Structure. — Washington: Island Press, 2013.
44. Hobbs R. J., Harris J. A. Restoration ecology: repairing the earth's ecosystems. — Restoration Ecology, 2001.
45. Palmer M. et al. Standards for ecologically successful river restoration. — Journal of Applied Ecology, 2005.
46. Mitsch W. J., Gosselink J. G. Wetlands. — New York: Wiley, 2015.
47. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being. — Washington: Island Press, 2005.
48. IPBES. Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services. — Bonn, 2019.
49. OECD. Environmental Indicators: Development, Measurement and Use. — Paris, 2003.
50. UNDP. Environmental Recovery and Assessment in Post-Conflict Areas. — New York, 2018.
51. Shumilova O., Sukhodolov A., Osadcha N. Environmental effects of the Kakhovka Dam destruction by warfare in Ukraine. — Science. 2025
52. Jiang D., Smith P., Ivanov S. The biogeochemical response of the north-western Black Sea to the Kakhovka Dam breach. — Communications Earth & Environment. — 2025.
53. Novitskyi R., Petrenko V., Kolosova M. Losses in fishery ecosystem services of the Dnipro river after the Kakhovka reservoir destruction. — Frontiers in Environmental Science. — 2024.

- 54.** Resource & Analysis Center (RAC). Preliminary environmental and legal analysis of the breach of the Kakhovka dam and its impacts. — Kyiv, 2024.
- 55.** United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). Comprehensive report on environmental damage assessments in Ukraine. — Geneva, 2024.
- 56.** Ramsar Convention / COP15. Final assessment report of environmental damage on wetlands and related ecosystems (Ukraine). — 2025.
- 57.** EMBLAs project. Impact assessment of the destruction of Kakhovka HPP dike: hydrological and sediment analyses. — Technical report, 2024.
- 58.** Hapich H., Onopriienko D. Ecology and economics of irrigation in the south of Ukraine following destruction of the Kakhov reservoir. — Kyiv, 2024.
- 59.** Ali E. A., Gomez R., Petrov A. Assessing land degradation through remote sensing and geospatial techniques for sustainable development. — Sustainability (MDPI).
- 60.** Dam Removal Europe / Mouchlianitis F. A. Dam Removal Progress 2024. — European report, 2025.
- 61.** EAGE Monitoring 2025. Monitoring state of dried-bed Kakhovka reservoir: temporal series and remote sensing analyses. — Conference proceedings, 2025.
- 62.** Stone R. Water at war: the long-term environmental consequences of the destruction of the Kakhovka dam. — Science Review / NIOZ report, 2025.
- 63.** PRELIMINARY ENVIRONMENTAL AND LEGAL ANALYSIS — extended English summary (RAC). — Kyiv, 2024.