

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

10.05 – МКР. 585 «Е» 2020.10.29. 010 ПЗ

**СКРИТ СІЖАНИ ІВАНІВНИ**

2024 р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ ТА  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Факультет захисту рослин біотехнології та екології**

**УДК 504:556.5**

**ПОГОДЖЕНО**

**Декан факультету**

захисту рослин, біотехнології та екології  
(назва факультету (ННІ))

\_\_\_\_\_ Коломієць Ю.В.  
(підпис) (ПІБ)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

**Завідувач кафедри**

екології агросфери та екологічного контролю  
(назва кафедри)

\_\_\_\_\_ Наумовська О.І.  
(підпис) (ПІБ)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему «Екологічні наслідки затоплення долини річки Ірпінь»

Спеціальність 101 “Екологія”

Освітня програма Екологічний контроль та аудит

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

**Гарант освітньої програми**

Канд. с.-г. наук, доцент  
(науковий ступінь на вчене звання)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Ладика Марина Миколаївна  
(ПІБ)

**Керівник магістерської кваліфікаційної роботи**

Канд. с.-г. наук, доцент  
(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Ладика Марина Миколаївна  
(ПІБ)

**Виконала**

\_\_\_\_\_ (підпис)

Скрит Сніжана Іванівна  
(ПІБ)

**КИЇВ - 2024**

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет захисту рослин, біотехнології та екології

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри екології агросфери та екологічного контролю

Канд. с.-г. наук, доцент  
(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

Наумовська О. І.  
(ПІБ)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

## ЗАВДАННЯ

### ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Скрит Сніжана Іванівна

Спеціальність \_\_\_\_\_ 101 – Екологія

Освітня програма \_\_\_\_\_ Екологічний контроль та аудит

Орієнтація освітньої програми \_\_\_\_\_ Освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ «Екологічні наслідки затоплення долини річки Ірпінь»

Затверджена наказом ректора НУБіП України від « 23 » листопада 2023 р. № 2158

Термін подання завершеної роботи на кафедру \_\_\_\_\_

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: польові-експедиційні дослідження, лабораторно-аналітичні дані показників якості води, результати біотестування якості води.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Дослідити площу поширення затоплення заплави річки Ірпінь.
2. Проаналізувати екологічний стан досліджуваної території.
3. Оцінити якість води за комплексом показників.
4. Провести біотестування якості води.

Дата видачі завдання «01» листопада 2023 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

(підпис)

Ладика М. М.

(Прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Скрит С.І.

(Прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Магістерську кваліфікаційну роботу виконано на 66 сторінках, містить 15 таблиць, 26 рисунків, та 65 джерел використаної літератури.

Мета роботи: дослідити екологічні наслідки затоплення долини річки Ірпінь внаслідок військових дій.

Об'єкт дослідження: трансформація природного середовища затопленої долини р. Ірпінь.

Предмет дослідження: якість води р. Ірпінь, стан біорізноманіття, позитивні та негативні зміни внаслідок затоплення.

Ключові моменти: зменшення площі затоплення з 2 500 га у 2022 р. до 1 436 га у 2024 р.; втрата частини сільськогосподарських угідь, але водночас уповільнення розорювання заплави; відновлення біорізноманіття і зростання чисельності риби та водоплавних птахів; екологічна оцінка води затопленої території – перехід води від «добрих», «досить чистих» до «задовільних», «слабко забруднених»; покращення сольового індексу та погіршення трофо-сапробіологічних показників; відсутність токсичності води та наявність циклопів як індикаторів забруднення.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ, ЗАТОПЛЕННЯ, РІЧКА ІРПІНЬ, БІОРИЗНОМАНІТТЯ, ВІЙСЬКОВІ ДІЇ, ВОДНА ЕКОСИСТЕМА, ДАМБА, ЗАБРУДНЕННЯ.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	7
1.1. Вплив воєнних дій в Україні на водні ресурси.....	7
1.2. Руйнування гідротехнічної інфраструктури та її вплив на довкілля .....	10
1.3. Перспективи збалансованого відновлення порушених територій внаслідок зміни гідрологічного режиму.....	15
<b>РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА, МІСЦЕ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	21
2.1. Мета, завдання, об’єкт та предмет дослідження.....	21
2.2. Методи та методика проведення дослідження.....	25
2.2.1. Методика відбору проб води.....	27
2.2.3. Методика лабораторно-аналітичних досліджень .....	29
2.2.4. Комплексна екологічна оцінка води.....	31
2.2.5. Методика біотестування на тест-об’єктах цибуля звичайна ( <i>Allium cepa</i> <i>L.</i> ) та крес-салаті ( <i>Lepidium sativum</i> ).....	32
<b>РОЗДІЛ 3. ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ЗАТОПЛЕННЯ ДОЛИНИ РІЧКИ ІРПІНЬ</b> .....	35
3.1. Аналіз затоплення долини річки Ірпінь.....	35
3.2. Дослідження біорізноманіття на затопленій території долини р. Ірпінь.....	42
3.3. Екологічна оцінка якості води в затопленій долині р. Ірпінь.....	47
3.4. Біотестування якості води на затопленій території р. Ірпінь .....	57
3.5. Систематизація наслідків затоплення долини р. Ірпінь .....	60
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	61
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	63

## ВСТУП

Ще тисячу років тому, за часів Київської Русі, річка Ірпінь не раз слугувала природним бар'єром, що захищав Київ від набігів половців та печенігів з півночі та північного-заходу. Річка довжиною в 162 кілометри і широкою болотистою заплавою близько кілометра, вона унеможлиблювала проходження ворожої кінноти.

У лютому 2022 році річка Ірпінь знову стала ключовим об'єктом оборони, відігравши значну роль у зупинці наступу ворога на столицю країни. Українські військові, підірвавши греблю в селі Козаровичі, затопили більше ніж 2500 гектарів території, що допомогло уникнути масштабним бойовим дій поблизу Києва, але спричинило суттєві зміни в природній екосистемі.

Затоплення річки Ірпінь у 2022 році стало безпрецедентним за своїми масштабами випробуванням для території регіону. Дослідження довгострокових екологічних наслідків цієї події є необхідним процесом для розробки ефективних стратегій управління водними ресурсами та збереження біорізноманіття території. Результати дослідження можуть бути використані для розробки програм моніторингу та відновлення екосистем.

Актуальність роботи зумовлена необхідністю оцінити екологічні наслідки затоплення заплави річки Ірпінь. Зокрема, важливо визначити масштаби такого затоплення, оцінити можливий ступінь забруднення водних ресурсів, зміни біорізноманіття та загальний стан екосистеми території.

## РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

### 1.1. Вплив воєнних дій в Україні на водні ресурси

Війна позначилася на кожному аспекті довкілля – від тваринного і рослинного світу до води, повітря та ґрунту. Безперервні обстріли спричиняють забруднення повітря, виникнення пожеж і поширення небезпечних речовин. Війна загострює кліматичну кризу, ведучи до значних викидів вуглекислого газу та інших парникових газів, забруднює водні ресурси і порушує їх гідрологічний режим.

Згідно з інформацією Міністерства довкілля, за два роки повномасштабного вторгнення в Україні було зафіксовано понад 4700 випадків шкоди довкіллю, загальна вартість якої оцінюється в 2,4 трильйони гривень. Найбільша частина цієї шкоди пов'язана із забрудненням повітря, ґрунтів та водних ресурсів. Шкода водним об'єктам складає 83,9 мільярда гривень, з яких 48,5 % - це втрати через забруднення води [1-2].

Військові конфлікти завжди мають значний вплив на навколишнє середовище, зокрема на якість водних ресурсів. В Україні війна вже призвела до серйозних загроз забруднення водних ресурсів та їх погіршення, що становить істотну небезпеку для здоров'я людей і екологічної стійкості регіону.

З 2014 року в Україні було зафіксовано близько 80 конфліктів, пов'язаних з водними ресурсами, більшість з яких сталися під час повномасштабного вторгнення російських військ. Зокрема, у 2022 році в Україні було зафіксовано 43 таких інциденти.

Згідно з експертними оцінками, тільки в перші три місяці повномасштабного вторгнення було зафіксовано 64 випадки атаки на водний сектор. Окрім забруднення водних об'єктів, також були виявлені пошкодження водної інфраструктури: 12 насосних станцій, 6 трубопроводів і дамб, 3 очисні споруди, 2 фільтраційні станції та артезіанська свердловина. Це ускладнило функціонування систем водопостачання та очищення у 12 населених пунктах [3].

Вода є важливим ресурсом, який забезпечує функціонування всіх галузей народного господарства і життєдіяльність людини. Внаслідок військових дій, техногенного забруднення, руйнування мостів, дамб і берегів, а також забруднення нафтопродуктами та важкими металами, багато річок і ставків в Україні постраждали [4-5]. Це, у свою чергу, негативно вплинуло на біорізноманіття регіонів, де фіксували воєнний вплив.

Окупанти обстрілюють водну інфраструктуру, замінують дамби та здійснюють військові операції в Чорному та Азовському морях. Армія РФ також знищує каналізаційні насосні станції, що призводить до скидання неочищених стічних вод у річку Дніпро. Напади на інфраструктуру, зокрема водопровідні системи та очисні споруди, призводять до їх руйнування та забруднення водних об'єктів [6]. Викиди сировини, нафтопродуктів, хімікатів та інших небезпечних сполук можуть потрапити в річки та озера, що серйозно погіршує якість води і загрожує здоров'ю людей, які використовують ці джерела для пиття та інших потреб. Для подолання проблеми забруднення води, викликаного військовими діями, необхідно відразу вжити заходів для відновлення та очищення водних ресурсів.

Міжнародна група науковці з України, Німеччини, Бельгії та США ретельно оцінили прямі та вже відчутні наслідки війни, а також потенційні довгострокові загрози. За результатами їхнього дослідження, з початку війни вплив на водні ресурси виявилися надзвичайно значним. Багато водоочисних споруд і каналів, які входять до складу іригаційних систем, були пошкоджені, що спричинило серйозні проблеми для водних екосистем [3,7].

Тема впливу війни на водні ресурси не є новою, але випадок України вирізняється через її індустріалізованість. На території країни розташовано безліч великих і малих водосховищ, підрип яких може спричинити затоплення території і залишити багато людей без доступу до питної води [8]. Загалом, кількість осіб, які залишилися без якісної води, вражає: з квітня по грудень 2022 року ця цифра зросла з 6 до 16 мільйонів людей.

Особливим прикладом наслідків руйнування гідротехнічної інфраструктури є руйнування дамби Каховського водосховища, яке виступало важливим ресурсом для зрошення, водопостачання, рибництва та інших потреб. Руйнування дамби Каховської ГЕС призвело до обміління водосховища, що викликало затоплення великих територій та серйозні наслідки через величезний обсяг води [9].

Ці наслідки вже відчутні в південному регіоні України. Проте інші області також зазнали шкоди від військових дій: було пошкоджено багато нафтосховищ, що призвело до забруднення та розливу нафтопродуктів. Це сталося не лише в зонах бойових дій, але й у західних регіонах, де снаряди влучили в резервуари. Наприклад, у Тернопільській області стався розлив мінеральних добрив, що призвело до масової загибелі риби [10]. Додатково, руйнування мостів, потрапляння військової техніки в річки та розлив забруднюючих речовин також завдали шкоди. Розкладання цих забруднювачів вимагатиме багато часу.

Існує також небезпека від мін: морське узбережжя заміновано і не може використовуватися для відпочинку. Ще одним прикладом є ракетний удар по Кривому Рогу 14 вересня минулого року, який пошкодив гідротехнічні споруди. Як повідомила військова адміністрація міста, «промислові підприємства надали понад 50 великих самоскипів з бутом, суглинком і щебнем для засипання шлюзів». Хоча вдалося запобігти надзвичайній ситуації, вода в річці Інгулець, де розташовувалася гідротехнічна споруда, забруднилася і набула червоного відтінку [12].

На сході України специфічною проблемою є затоплення підземних шахт. Відключення електропостачання шахт, з яких необхідно відкачувати воду, призводить до серйозних наслідків. Без електрики насоси не працюють, що викликає затоплення шахт, включаючи токсичні та радіоактивні відходи, які можуть потрапити в ґрунтові води. Ця проблема існувала на Донбасі ще з 2014 року, і її вирішення було ускладнено. Наразі ситуація стала ще більш критичною [11, 13].

У цій війні вже зафіксовані випадки використання води як зброї, такі як підриг Козаровицької дамби для зупинки просування російських військ до Києва або підриг дамби Каховської ГЕС для перешкоджання наступу ЗСУ.

У зонах активних бойових дій також розташовані водно-болотні угіддя України, що охороняються Міжнародною Рамсарською конвенцією [16]. Ці екосистеми є одними з найуразливішими у світі та є життєво важливими для багатьох видів тварин, які перебувають під загрозою вимирання. Водно-болотні угіддя також виконують важливу функцію в запобіганні повеням.

Наразі неможливо проводити експедиції та оцінювати стан морів, але вже зрозуміло, що ситуація в Чорному та Азовському морях є критичною. Велика кількість затоплених військових кораблів, замінування, вибухи та розлив токсичних речовин значно погіршили якість води. У 2022 році дельфінів масово викинуло на узбережжя України, Болгарії, Румунії та Туреччини. Однією з можливих причин цього є вплив корабельних радіочастот [14, 15]. Також існує загроза повного вимирання Азовського моря через тривалі обстріли та пошкодження споруд заводу «Азовсталь». Наслідки негативного впливу на атмосферу, воду та ґрунти будуть тривалі й матимуть не лише локаційний, але й глобальний характер.

## 1.2. Руйнування гідротехнічної інфраструктури та її вплив на довкілля

Однією із найбільш прихованих, але надзвичайно важливих сфер, що постраждали внаслідок цього конфлікту, є інфраструктура водопостачання та гідротехнічні об'єкти. Хоча ця тема залишається менш висвітленою, вона є вирішальною для життя населення та стану довкілля в Україні. Росія активно досліджує критичну гідротехнічну інфраструктуру в Україні, як потенційні цілі для атак [17].

З 14 по 16 вересня 2022 року російські війська завдали ракетних ударів по гідроспоруді Карачунівського водосховища в Кривому Розі. Ці атаки призвели до підвищення рівня води в річці Інгулець на 1-2 метри та спричинили підтоплення 112 будинків (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Наслідки обстрілу дамби Карачунівського водосховища 14-16 вересня 2022 року [18].

За оцінками Держекоінспекції, витік води через руйнування шлюзу склав  $16\,873\text{ м}^3$ , що завдало збитків у розмірі 77 мільйонів гривень. Аналіз проб води виявив перевищення нормативів ГДК по вмісту заліза в три рази, що стало наслідком використання залізистих кварцитів для ремонту гідроспоруди. Це також призвело до тимчасового почервоніння води нижче за течією. В аналізі водних проб було виявлено, що рівень амонійного азоту перевищує нормативи в 2,5 рази, що свідчить про забруднення води каналізаційними стоками з приватних домогосподарств [19].

11 березня 2022 року системи Чернігівського водоканалу зазнали суттєвих пошкоджень. Ворожі авіаудари призвели до руйнування насосних станцій, розриву резервуарів з водою та знищення свердловини. Внаслідок цього водопостачання залишилося лише на третини жителів міста. Також були пошкоджені очисні споруди водоканалу [20].

Під час бойових дій у Харківській області в березні 2022 р. серйозно постраждала гідроспоруда Оскільського водосховища, яке є найбільшим на Лівобережній Україні та виконувало важливу роль у забезпеченні водними ресурсами (рис. 1.2). Це водосховище підтримувало рівень води в Сіверському Донцю, в який впадає річка Оскіл, що забезпечувало водопостачання для

маловодних районів Луганщини і Донеччини. Після цих подій паводок досяг навіть міста Святогірськ.



Рис. 1.2. Оскільське водосховище після підриву греблі 25 жовтня 2022 року [21]

Ці інциденти завдали суттєвої шкоди екосистемі водосховища та завдали серйозних збитків регіональному ландшафтному парку «Червонооскільському». Значна частина території водосховища входить до цього району, і його екологічний статус значно погіршився. За оцінками Держекоінспекції, збитки від руйнування становлять близько 2,1 мільярда гривень. Крім того, в результаті цих подій загинуло приблизно 2 мільйони одиниць риби, що спричинило додаткові збитки в розмірі 883,7 мільйона гривень [22-23]. Відновлення водосховища та його екосистеми буде надзвичайно складним завданням.

Під час подій 20-21 вересня російські окупанти здійснили 8 ракетних ударів по гідровузлу Печенізького водосховища на річці Сіверський Донець. Хоча вдалося уникнути масштабних підтоплень і катастроф, ці атаки могли призвести до серйозних екологічних та гуманітарних наслідків. Печенізьке водосховище є найчистішим в області і постачає воду для Харкова, а також регулює рівень води в Сіверському Дінці спільно з Оскільським водосховищем. Після втрати останнього важливість Печенізького водосховища, як резервуару води, зростає.

Внаслідок постійних обстрілів в Харкові було пошкоджено близько 100 об'єктів водопостачання. Значних збитків також зазнав магістральний водогін «Дніпро-Миколаїв» поблизу села Киселівка в Херсонській області. Ця ситуація

призвела до гуманітарної катастрофи в Миколаєві, де проживає близько 450 тисяч осіб, навіть до початку повномасштабного вторгнення [20].

Ситуація з Каховською ГЕС, на жаль, досягла критичної ситуації. У лютому 2022 року сталася вибухова подія, яка пошкодила споруду, що регулювала водопостачання до Північно-Кримського каналу, що призвело до неконтрольованого витоку води. За оцінками Держекоінспекції України, станом на кінець жовтня 2022 року щоденні втрати води становлять приблизно 4,3 млн. м<sup>3</sup>.

11 липня 2022 року війська РФ пошкодили один із запірних шлюзів на греблі Каховської ГЕС (рис. 1.4). Це призвело до значного зниження рівня водосховища, який опустився до 13,62 метра, хоча зазвичай він становив близько 16 метрів. Пошкодження гідроелектростанції викликало серйозні проблеми з водопостачанням для деяких мешканців Херсонської області, де вода зникла з криниць, а також для Нововоронцовської громади, де водопостачання здійснювалося зі свердловини. 6 червня 2023 року, близько 3 години ночі, окупаційні війська підірвали греблю ГЕС. Ця споруда забезпечувала південь України електроенергією та прісною водою. Є велика ймовірність, що її замінували вибухівкою перед підривом. Ця катастрофа торкнулася близько 16000 людей і може призвести до затоплення приблизно 80 населених пунктів [24-25].

В Криму виникли серйозні проблеми з водопостачанням через стрімке падіння рівня води в Північно-Кримському каналі. Це також негативно вплинуло на водопостачання в Херсонській, Запорізькій та Дніпропетровській областях. За словами заступника генерального секретаря ООН із гуманітарних питань Мартіна Гріффітса, приблизно у 700 тисяч українців виникне проблема із доступу до питної води, що може спричинити серйозні проблеми з вирощуванням сільськогосподарських культур [26] (рис.1.3).



Рис. 1.3. Затоплення міста Херсон 7 червня 2023 року, внаслідок зруйнування Каховської греблі [26]

Прямі збитки від підриву Каховської ГЕС оцінюють щонайменше у 2 мільярди доларів, що включає втрати в таких секторах, як житлово-комунальне господарство, енергетика, сільське господарство, транспорт, екологія та промисловість. Ці дані були представлені в первинному аналізі, проведеному фахівцями KSE Institute у співпраці з Офісом Президента України, Міністерством економіки та Міністерством інфраструктури.

Російська агресія спричинила значне забруднення водних ресурсів в Україні, охоплюючи не лише області, які безпосередньо стали зонами бойових дій чи розташовані поблизу лінії фронту. Ця екологічна катастрофа торкнулася всієї країни, яка стала мішенню масованих ракетних атак [27].

Росія не зупиниться на вже завданих руйнуваннях гідротехнічної інфраструктури. Наступними цілями можуть стати греблі Трав'янського водосховища в Харківській області, водосховище Олександрівка в Миколаївській області.

На своєму веб-сайті російська компанія ВАТ «Конструкторське бюро «Панорама»» представила результати моделювання можливих руйнувань цих дамб, називаючи це «моделюванням різкої хвилі у разі знищення гідротехнічних споруд» [28]. Оскільки Конструкторське бюро «Панорама» співпрацює з

російськими спецслужбами, є підставою вважати, що ці моделювання могли бути виконані для Міноборони Росії та ФСБ. Зокрема, де Трав'янського водосховища було оцінено ризик затоплення Харкова. Крім того, конструкторське бюро "Панорама" провела аналіз критичної інфраструктури навколо Олександрівської ГЕС, звертаючи увагу на гідротехнічні системи Ташлицької гідроакumuлюючої електростанції та охолоджувальну станцію Південноукраїнської АЕС, які розташовані вище водосховища [29].

Тож мета Росії полягає у максимізації впливу на найбільш вразливі об'єкти гідротехнічної інфраструктури.

### 1.3. Перспективи збалансованого відновлення порушених територій внаслідок зміни гідрологічного режиму

Підходи до відновлення порушених територій внаслідок зміни гідрологічного режиму, спричинених війною, передбачають комплексні заходи, які поєднують гідротехнічні, екологічні та інноваційні рішення. Відновлення таких територій потребує ретельного планування та врахування специфіки кожного постраждалого регіону, аби забезпечити стійке відновлення природних екосистем і мінімізувати ризики майбутнього [30].

Одним із ключових аспектів є гідротехнічні заходи, спрямовані на стабілізацію гідрологічного режиму та запобігання подальшим негативним наслідкам для навколишнього середовища. Найбільш розповсюдженим підходом є відбудова дамб, які були зруйновані або пошкоджені під час військових дій. Ці споруди відіграють важливу роль у регуляції рівня води, захисті прилеглих територій від підтоплення та забезпеченні стабільного водопостачання.

Ще одним гідротехнічним рішенням є створення водосховищ та збереження водно-болотних угідь. Це дозволяє не лише відновити водний баланс в регіоні, але й сприяє відновленню біорізноманіття [31-32]. Такі угіддя забезпечують місце проживання для водних видів рослин та тварин, що позитивно впливає на екологічну рівновагу. Крім того, водно-болотні угіддя

виконують важливу функцію природного фільтрування води, що знижує рівень забруднення водних ресурсів.

Таке поняття, як екологічна реабілітація постраждалих територій, передбачає повернення до природних процесів і відновлення екосистем. Одним із ключових методів є ренатуралізація річок – це процес, спрямований на відновлення форми, що допомагає покращити якість води та стабілізувати гідрологічні умови [33]. Також важливо відновлювати рослинність у заплавах та вздовж берегів, оскільки вона виконує захисну функцію, запобігаючи ерозії ґрунтів та стабілізуючи річки.

Для покращення якості води та регулювання водних потоків ефективним рішенням є ведення в дію зелених технологій, таких як системи біологічного очищення води. Наприклад, створення природних фільтрів із використанням рослинних систем, що допомагають зменшити рівень забруднення та сприяють стабілізації екосистем. Це також включає застосування технологій для управління водними потоками, такими як зелені дахи та дощові сади, які допомагають контролювати стік води та сприяють її фільтрації [34].

Приклади успішних відновлювальних проєктів в інших країнах, які стикалися з подібними викликами після військових конфліктів, можуть бути цінними для України, оскільки вони демонструють, як можна відновлювати екосистеми та інфраструктури після масштабних руйнувань. Досвід країн, таких як Ірак та В'єтнам, показує різні підходи для відновлення пошкоджених екосистем.

Одним із найвідоміших прикладів відновлення екосистеми після військових дій є процес екологічної реабілітації у В'єтнамі після війни з США (1955-1975). Під час конфлікту США використовували В'єтнам як полігон для випробування сотень видів озброєнь та бойової техніки. Вони також знищували посіви, рослинність і ліси в звільнених районах. Одним із найнебезпечніших речовин, що використовувалися, був хімікат “Агент Оранж”, який мав катастрофічний вплив на екосистеми [35]. Мільйони гектарів лісів та сільськогосподарських угідь були повністю знищені, кількість видів дерево-

чагарникових порід тропічного лісу суттєво зменшилася. Загалом, під час війни було знищено близько 50 млн. кубометрів деревини.

Після війни В'єтнам поставив перед собою амбітну мету відновити лісовий покрив до рівня 1940-х років до 2010 року. Було заплановано висадити 5 мільйонів гектарів лісів – 2 мільйони для заповідників і 3 мільйони для виробництва деревини. Відновлення лісового покриву не лише сприяло біорізноманіттю, а й допомогло покращити кліматичні умови регіону [36-37] (рис. 1.4.).



Рис. 1.4. Мангрові ліси у В'єтнамі ( а) після застосування «Агент Оранж»; б) після їх екологічної реабілітації) [36]

Окрім заліснення, у В'єтнамі успішно відновлювали водно-болотні угіддя, пошкоджені хімічними речовинами. Проєкти з очищення водних ресурсів і відновлення мангрових лісів у дельті річки Меконг стали важливою частиною екологічної реабілітації країни. Цей досвід може стати корисним для України у відновлення пошкоджених водних екосистем .

Після десятиліть конфліктів, зокрема війни в Перській затоці (1990-1991) та вторгнення США в 2003 році, Ірак також зіткнувся з великими екологічними проблемами. Одна з найважливіших ініціатив з відновлення екосистеми в Іраку була спрямована на відновлення Месопотамських боліт. Ця територія, відома своєю екологічною цінністю, була домівкою для багатьох видів флори та фауни та мала важливе значення для місцевих жителів [38].

Осушення боліт почалося в 1950-х роках і тривало до 1970-х. Метою було звільнити землі для сільського господарства та видобутку нафти. Наприкінці 1980-х і 1990-х років, під час правління Саддама Хусейна, ці роботи були розширені для переселення болотних арабів, і до 2003 року болота були осушені на 90 % від їх початкового розміру. Після американської інтервенції та повалення Хусейна в 2003 році почався процес часткового відновлення боліт.

Одним із ключових аспектів цього проєкту було відновлення гідрологічного режиму через повернення води на осушені території. Відкриття дамб і каналів дозволило воді знову потрапляти на колишні болотні землі. Завдяки цим зусиллям вдалося частково відновити екосистему: багато видів птахів та риби повернулися, а місцеві громади змогли повернутися до традиційної риболовлі та вирощування рису [39].

Проте постійні посухи та будівництва дамб у Туреччині, Сирії та Ірані значно перешкоджали цьому процесу. З 2016 року Месопотамські болота були занесені до списку спадщини ЮНЕСКО (рис. 1.5).

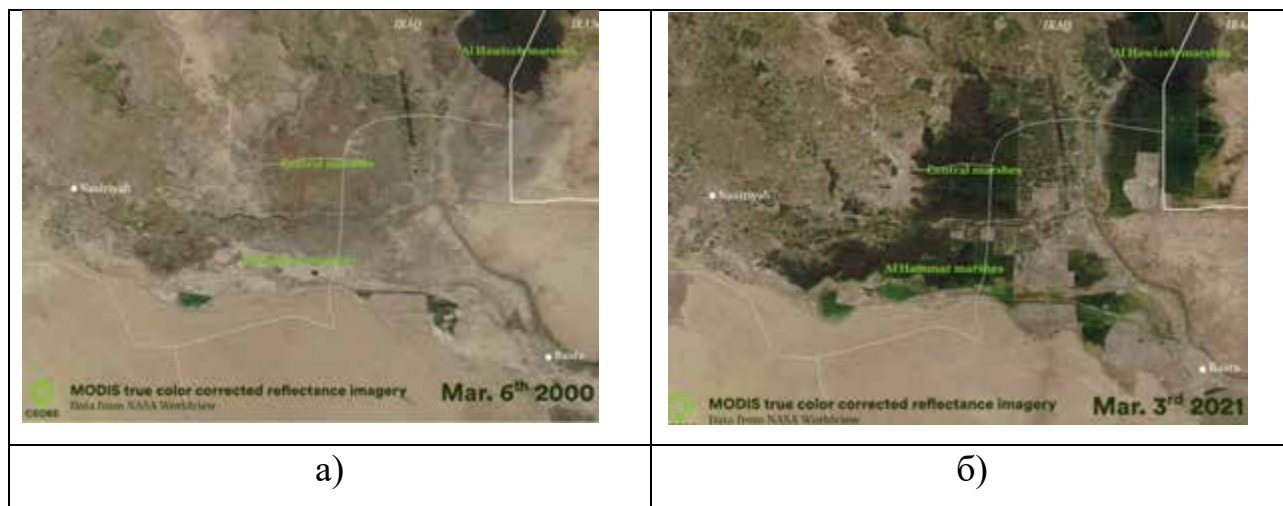


Рис. 1.5. Супутникові знімки Месопотамських боліт ( а - в 2000 р.; б - в 2021 р.) [39]

Ці приклади показують, що успішне відновлення після збройних конфліктів залежить від комплексного підходу, який включає відбудову інфраструктури, реабілітацію природних процесів і впровадження сучасних екологічних рішень.

Перспективи відновлення річкових екосистем України після війни є досить значними, якщо взяти до уваги світовий досвід і впровадити національні програми, спрямовані на відбудову природних систем. Враховуючи масштаби руйнувань, особливо на сході та півдні країни, де постраждали не лише річкові екосистеми, але й інфраструктура, важливо почати відновлення з ренатуралізації річок, очищення водойм і відбудови гідротехнічних споруд, таких як дамби. Це дозволить відновити водний режим, поліпшити якість води та зберегти біорізноманіття .

Відновлювальні проекти мають бути спрямовані не лише на відбудову пошкодженого, але й на створення систем, стійких до майбутніх викликів, таких як зміна клімату та нові антропогенні загрози. Залучення місцевих громад до процесу відбудови також є важливим, оскільки вони є безпосередніми користувачами цих територій. Крім того, міжнародна допомога та співпраця з екологічними організаціями сприятиме забезпеченню фінансування, передачі знань та технологій, необхідних для успішних відновлювальних проектів.

В Україні вже існують приклади реалізації підходів до відновлення порушених територій, а також заплановані проекти, спрямовані на стабілізацію екосистем та відновлення біорізноманіття після змін гідрологічного режиму, спричинених війною та антропогенним втручанням [40].

Відбудова дамб та водозахисних споруд після російського вторгнення є критично важливою для відновлення екосистеми та забезпечення водними ресурсами постраждалих регіонів. Яскравим прикладом є Каховська ГЕС, яку підірвали в червні 2023 року, що спричинило масове затоплення Херсонської та Миколаївської областей. Це завдало величезної шкоди довкіллю та порушило водний режим регіону.

Наразі точиться багато суперечок навколо Каховського водосховища: одні наполягають на його відновленні, тоді як інші вважають, що територія повинна природно відновитися, оскільки вже через рік на його місці почав формуватися Великий Луг. То чому важливо відновити саме Каховське водосховище?

Каховське водосховище відгравало ключову роль у життєзабезпеченні мільйонів людей, сільського господарства та промисловості на півдні України. До його створення цей регіон був безжиттєвим степом, а завдяки водосховищу стала можливою меліорація земель, що підтримувала сільське господарство в цих областях.

Відновлення водосховища також є критичним для водопостачання таких промислових центрів, як Запоріжжя та Дніпропетровська області, де мільйони людей працюють на підприємствах, включно з металургійними заводами, що виробляють сталь для оборонної промисловості. Без водосховища також стає неможливим судноплавство на річці Дніпро.

Крім того, Запорізька АЕС, яка охолоджувалася водами водосховища, залежала від стабільного водопостачання для своєї роботи. Хоча енергогенерація Каховського ГЕС була лише додатковим бонусом, її основна функція – стабілізація водного балансу – залишається незамінною для всієї екосистеми та енергетичної інфраструктури. Якщо не відбудувати Каховську дамбу, це матиме катастрофічні наслідки для регіону, промисловості, сільського господарства і навіть функціонування таких критичних об'єктів, як Запорізька АЕС [41].

Ще одним прикладом є реабілітація річки Ірпінь, яка також постраждала внаслідок військових дій і зміни гідрологічного режиму після знищення Козаровицької дамби в 2022 році. Проєкт її відновлення може включати ренатуралізацію русла річки, поліпшення якості води та екологічне оздоровлення території, яка стала домівкою для багатьох видів флори та фауни після затоплення.

## РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА, МІСЦЕ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Мета, завдання, об'єкт та предмет дослідження

Мета роботи: дослідити екологічні наслідки затоплення долини річки Ірпінь внаслідок військових дій.

Завдання:

1. Проаналізувати ступінь затоплення долини річки Ірпінь.
2. Дослідити біорізноманіття на затопленій території річки Ірпінь.
3. Здійснити екологічну оцінку якості води в затопленій заплаві.
4. Провести біотестування якості води на затопленій території річки Ірпінь.

Предмет дослідження: якість води р. Ірпінь, стан біорізноманіття, позитивні та негативні зміни внаслідок затоплення.

### 2.2. Загальна характеристика річки Ірпінь та затопленої території

Наші дослідження були здійснені в межах затопленої території долини р. Ірпінь після трагічних подій 26.02.2022 р.

Ірпінь – це річка в Україні, яка прокладає свій шлях через Житомирську та Київську область. Права притока Дніпра, та має довжину 162 км, а площа басейну складає 3340 км<sup>2</sup> (рис. 2.1).

Річка Ірпінь бере свій початок поблизу села Яроповичі в Житомирській області та впадає в Київське водосховище біля села Козаровичі в Київській області. Води річки піднімають насосною станцією до рівня водосховища, оскільки їх поверхня знаходиться на 6-8 метрів нижче [42].



Рис. 2.1. Річка Ірпінь (синя лінія – довжина; жовтий контур - басейн річки)  
(джерело: власна розробка на основі Google Earth)

Басейн річки охоплює території Бердичівського та Житомирського районів Житомирської області, а також Бучанського, Фастівського та Вишгородського районів Київської області. Хоча гирло річки розташоване неподалік села Козаровичі у Вишгородському районі, проте річка впадає у водосховище неприродним шляхом. Для підтримки рівня водосховища, що є вищим через дамбу, вода з Ірпеня перекачується насосами. Козаровицька насосна станція постійно працює, щоб запобігти затопленню прилеглих територій та населених пунктів, зокрема так було до підриву дамби.

Долина річки Ірпінь має коритоподібну форму, її ширина досягає 4 км, а глибина – 40 м. Заплава, раніше заболочена, має ширину до 1,5 км. Ширина русла коливається від 25 до 40 м, а похил річки складає 0,7 м/км. Льодостав спостерігається з початку грудня до кінця березня. Середня річна витрата води становить 7,6 м<sup>3</sup>/с, а обсяг водного стоку – 0,24 км<sup>3</sup>.

Мінералізація води варіюється: під час весняної повені – 295 мг/дм<sup>3</sup>, у літньо-осінній період – 450 мг/дм<sup>3</sup>, а взимку – 459 мг/дм<sup>3</sup>. Водний стік регулюється водосховищами (Корнинське, Суццанське та Лісове) та ставками [42].

На карті Київщини чітко виділяється своєрідний трикутник, що утворений річками Дніпро, Ірпінь і Стугна. У давні часи ці річки були значно повноводнішими, а заплава Ірпеня – заболоченою, що робило цю територію природною фортецею. Проте на півдні, на вододілі між Ірпенем і Стугнуою, існував суходол, через який можна було потрапити всередину. Там збереглися великі вали, які у кілька рядів доповнюють природні перешкоди. Подібні вали також перешкоджають пересуванню між річками Ірпінь та Здвиж, які тягнулися далі на захід. Загальна довжина валів у Київській області становить близько 800 кілометрів, а в Україні – понад дві тисячі. Рови викопані з південної сторони валів, що свідчить про їхнє призначення для захисту від нападів степових кочовиків (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Центральна частина Київщини, оточена річками Ірпенем, Дніпром та Стугнуою – Київський трикутник [43]

Найбільший внесок у дослідження велетенських споруд зробив доцент-математик Київського педагогічного інституту ім. О.М. Горького (тепер Національний педагогічний університет ім. М. Драгоманова) Аркадій Сильвестрович Бугай (1905-1988). Він разом із студентами пройшов пішки по валах і наніс їх на карту. Математик зазначив: «Будівництво потребувало дуже великих затрат праці. Необхідно було вирубати або випалити просіку, розмітити

трасу рову та валу, зняти і відкинути верхній шар ґрунту з поверхні майбутнього рову та основи майбутнього валу, досипати звичайною землею до повного профілю. Якщо взяти до уваги відсутність техніки, то протягом одного сезону людина могла побудувати тільки один погонний метр валу (заввишки до 12 км), тож можна приблизно визначити кількість людей, що були зайняті будівництвом, а відповідно населеність території, яку захищав вал. Наприклад, на будівництві Постугнянсько-Ірпінського валу довжиною біля 40 км могло бути зайнято близько 30000 чоловіків без урахування допоміжних працівників, розпорядників і, можливо, охорони» [43].

Змійові вали не є єдиною спорудою, а складають складну систему валів. Стародавні інженери вміло поєднали їх із річками, озерами та болотами, що в 1930-х роках дозволило використовувати ці оборонні рубежі для будівництва Київського укріпленого району.

Вали згадуються у давньоруських літописах як географічні об'єкти, але жодного слова про їхнє спорудження немає. В українському фольклорі зберіглася казка про змія-людожера, якого переміг богатир Кирило Кожум'яка. У казці Кирило запряг змія в плуг і орав вали до Дніпра. Виснажений тяжкою працею, змія кинувся пити воду з річки і луснув.

Кочовики використовували в своїй символіці зображення і опудала драконів, яких у Русі називали зміями. Крім того, рух кінної колони здалеку нагадує гігантську змію. Отже, ймовірно, що невідомий казкар, розповідаючи про страшного змія, мав на увазі напади кочовиків на землеробське населення.

Аркадій Бугай виявив деревне вугілля у валах. Радіовуглецевий аналіз показав, що найстаріший із досліджених валів був збудований у 2 столітті до н.е., а найпізніший – у 7 столітті н.е. Таке масштабне будівництво могло здійснити лише держава.

Існує версія, що Київ заснували древляни, але згодом поляни витіснили їх за ріку Ірпінь, яка стала кордоном. Однак це не єдине її значення. Відомо, що шлях «від варягів у греки» проходив по Дніпру. Аркадій Бугай також висловив думку, що існував і інший маршрут із Києва в Західну Європу. Він звернув увагу

на те, що на обох берегах Ірпеня, в районі нинішніх сіл Демидів, Гостомель, Білогородка, Черногородка та Дзвонкове, розташувалися городища, які охороняли водний шлях по Ірпеню. Знахідки великих човнів і якорів (одних яких знайшли на висушеній заплаві в Мостовищі, тепер частині Гостомеля) свідчить про те, що річка колись була судноплавною. Аналізуючи топоніми, Аркадій Сильвестрович зробив висновок, що судна перетягували з Ірпеня в іншу річку, а звідти до Бугу, далі до Дністра і в Дунай, по якому вони могли подорожувати в західноєвропейські країни [43-44].

## 2.2. Методи та методика проведення дослідження

### 2.2.1. Особливості польових експедиційних досліджень

Під час наукових досліджень, що оцінюють екологічний стан території або об'єкти довкілля, часто виникає потреба в проведенні польових експедицій. Польові-екологічні дослідження умовно розподіляємо на декілька етапів, кожен з яких передбачає використання специфічних методів, визначення завдань і аналіз отриманих результатів.

Перший етап – підготовчий.

Для успішного виконання дослідження важливо ретельно спланувати та підготувати його. Підготовчий етап має ключове значення для досягнення поставлених цілей та ефективного використання ресурсів.

Важливо на цьому етапі визначити мету та об'єкти дослідження, а також необхідно встановити показники, які характеризують екологічний стан території. Для збору необхідної інформації про об'єкт дослідження потрібно скористатися картографічними матеріалами, літературними джерелами та звітами .

Для проведення польових-експедиційних досліджень необхідно провести аналіз картографічної інформації та космічні знімки для подальшого уточнення польових умов. Найбільш придатні топографічні карти з масштабом 1:200000, 1:100000 або, якщо це можливо, 1:10000. Такі карти надають важливу

інформацію про ландшафт, господарські об'єкти та інші чинники, які впливають на екологічний стан.

Сьогодні в наших умовах активно використовуються електронні карти, зокрема Google Карти, для дослідження території. Ці картографічні ресурси мають ряд переваг над традиційними картами: вони забезпечують актуальну інформацію, дозволяють швидко масштабувати зображення, легко інтегруються з іншими даними та надають можливість візуалізації рельєфу та інфраструктури в реальному часі. Завдяки цим перевагам електронні карти сприяють більш точному та ефективному аналізу досліджуваних територій.

Другий етап – польові експедиційні дослідження.

Цей етап є основним, оскільки точність зібраної інформації визначає об'єктивність оцінки екологічного стану. Дослідження проводяться за визначеними маршрутами з фіксацією всіх важливих спостережень на картах або планах, використовуючи топографічні знаки. Порівняння карт за кілька років дозволяє відстежити динаміку змін ландшафтів [45].

Під час польових досліджень ведеться щоденник, у якому фіксується всі важливі деталі, включаючи природні особливості об'єкта та його господарське використання з відповідними екологічними наслідками. Записи доповнюються малюнками, фотографіями та планами.

Для проведення дослідження було відібрано зразки води (рис. 2.3).

Зразок №1 – ділянка №1.

Село Демидів

Координати: 50°43'38" пн. ш. 30°19'38" сх. д.

Дата та час відбору проби води: 18.10.2024 року о 14:25.

Зразок №2 – ділянка №2.

Село Козаровичі.

Координати: 50°45'29" пн. ш. 30°21'23" сх. д.

Дата та час відбору проб води: 18.10.2024 року о 15:07.



Рис. 2.3. Місця відбору зразків води для проведення лабораторних досліджень  
(джерело: власна розробка на основі Google Earth)

На цьому етапі нами здійснено аналіз стану території, вивчення біорізноманіття та відбір проб води.

Третій етап – камеральний.

Цей етап передбачає обробку зібраних в експедиційних умовах даних, подальше проведення лабораторно-аналітичних досліджень відібраних проб води на визначені показники, аналіз отриманих результатів та їх співставлення із результатами попередніх моніторингових досліджень; опрацювання орнітологічних довідників тощо [45].

#### 2.2.1. Методика відбору проб води

Для проведення лабораторно-аналітичних робіт передусім необхідно відібрати проби води із нашого досліджуваного об'єкта (рис. 2.4). Вимоги до відбору проб води є ключовим етапом підготовки до її аналізу, оскільки помилки на цьому етапі неможливо виправити в подальшому. Основні принципи відбору проб поверхневих вод для проведення аналізу викладені у Наказі ДСНС України №30 від 19.01.2016 р. та стандарті ДСТУ ISO 5667-6-2001 «Якість води. Відбір проб. Частина 6» [46].



Рис. 2.4. Проби води ( а – відібрані проби з двох досліджуваних ділянок; б – процес відбирання) (джерело: власні фото Скрит С.І.)

Процедура відбору проб залежить від мети дослідження та умов місцевості. Проба має відображати умови місця відбору, з урахуванням наявної інфраструктури, технологічних процесів та екологічних факторів. Для зменшення впливу на пробу важливо дотримуватися правил транспортування та зберігання.

Об'єм проби залежить від характерного аналізу: для неповного аналізу зазвичай відбирають 1 л, для детального – 2л, для повного – ще більший об'єм. В залежності від завдань можуть використовуватися разовий або серійний відбір проб. Серійний відбір застосовують, коли якість води змінюється у просторі чи часі, що дозволяє більш точно охарактеризувати стан водного об'єкта.

Тип проб включають прості та змішані. Прості проби відбираються одноразово в певному місці, в той час як змішані складаються з кількох простих проб, відібраних у різних точках або через певні проміжки часу.

Особлива увага приділяється підбору та обробці обладнання для відбору та зберігання проб. Найчастіше використовують скляні або поліетиленовий посуд, який попередньо очищають і пропарюють, щоб уникнути забруднення. Важливо

використовувати чистий, знежирений посуд, відповідний за об'ємом, щоб забезпечити точність результатів аналізу.

Процес відбору проб супроводжується заповненням паспорта проби, в якому зазначаються всі важливі дані: місце відбору, температура, мета відбору та інші параметри. Проби з річок відбирають у місцях найбільш інтенсивної течії, а проби з озер чи водосховищ – зазвичай з човна, уникаючи ділянок з густою рослинністю.

Транспортування проб повинно бути оперативним, бажано доставляти проби в лабораторію того ж дня, дотримуючись правил їх зберігання в холодильнику до моменту проведення аналізу [46].

### 2.2.3. Методика лабораторно-аналітичних досліджень

Аналіз зразків води проведено у навчальній-науково-виробничій лабораторії – «Екологічного контролю довкілля» кафедри екології агросфери та екологічного контролю факультету захисту рослин, біотехнології та екології НУБіП України. А також кафедри вимірювальної лабораторії якості води питної природної та стічної кафедри аналітичної і біонеорганічної хімії та якості води агробіологічного факультету НУБіП України.

Перелік показників на методів їхнього визначення наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

**Перелік показників складу та властивостей води поверхневої відповідно до ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання [47]**

## Продовження таблиця 2.1

№ з/п	Найменування показника	Клас небезпеки	Нормативний документ методу аналізу
1	2	3	4
<b>1. САНІТАРНО-ТОКСИКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ</b>			
Неорганічні компоненти			
1.	Нітрати (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		ISO 7890-3:1988 Water quality – Determination of nitrate Part 3: Spectrometric method using sulfosalicylic acid (Визначення нітрату. Частина 3: Спектрометричний метод використання сульфосаліцилової кислоти) [48].
2.	Нітрити (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	II	ISO 6777:1984 Water quality – Determination of nitrite – Molecular absorption spectrometric method (Якість води – Визначення вмісту нітриту – Спектрометричний метод молекулярної абсорбції) [49].
<b>2. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ</b>			
1.	Азот амонійний (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )		ISO 6777:1984 Water quality – Determination of nitrite – Molecular absorption spectrometric method (Якість води – Визначення нітриту – Спектрометричний метод молекулярної абсорбції) [50].
2.	Водневий показник рН		ISO 10523:2008 Water quality – Determination of pH (Якість води – Визначення рН) [51].
3.	Твердість загальна (жорсткість), вміст кальцію, магнію		ISO 6059:1984 Water quality – Determination of the sum of calcium and magnesium – EDTA titrimetric method (Якість води – Визначення суми кальцію та магнію – титриметричний метод EDTA) [50].
4.	Перманганатна окисність		ISO 8467:1993 Water quality – Determination of permanganate index (Якість води – Визначення перманганатного індексу) [52].

5.	Сульфати	ISO 10304-1:2007 Water quality – Determination of dissolved anions by liquid chromatography of ions Part 1: Determination of bromide, chloride, fluoride, nitrate, nitrite, phosphate and sulfate (Якість води – Визначення розчинених аніонів рідинною хроматографією іонів. Частина 1. Визначення броміду, хлориду, фториду, нітрату, нітриту, фосфату та сульфату) [53].
6.	Хлориди	ISO 9297:1989 Water quality – Determination of chloride – Silver nitrate titration with chromate indicator (Mohr's method) (Якість води – Визначення хлориду – Метод титрування нітратом срібла з індикатором хроматом – метод Мора) [54].

#### 2.2.4. Комплексна екологічна оцінка води

Для екологічної оцінки якості було використано "Методику екологічної якості поверхневих вод за відповідними категоріями", яка є системою екологічних класифікацій якості поверхневих вод. У цій системі спеціалізовані екологічні класифікації поділяються на три блоки. Оскільки ми проводимо неповну екологічну оцінку (брак доступних методів та ресурсів для аналізу), буде враховано лише два з них:

- Блок показників сольового складу;
- Блок трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників.

Визначення класів і категорій якості води для окремих показників здійснюється шляхом порівняння середньоарифметичних значень цих показників із критеріями спеціалізованих класифікацій. Це порівняння проводиться в межах відповідних блоків. [64,65].

Визначення інтегральних показників класів і категорій якості води базується на розрахунку середніх і найгірших значень двох блоків індексів якості. При цьому використовується відносні величини, що поділяються на категорії

чисел від 1 до 7, а середні значення блокових індексів можуть бути дробовими. Це дозволяє забезпечити більш точну та гнучку оцінку якості води.

Для визначення субкатегорії якості води, що відповідають середнім значенням індексів, увесь діапазон категорій необхідно поділити на менші частини і позначити відповідним чином.

Оцінка середніх значень показників дають змогу оцінити стабільний екологічний стан водойм, а найгірші значення вказують на відхилення від норми, викликані антропогенним чи природним фактором.

Для загальної оцінки водного об'єкта або його окремих ділянок розраховується інтегральний або екологічний індекс (ЕІ). Цей показник використовується для об'єктивної характеристики екологічного стану водами за якістю води, що потрібно для планування заходів з охорони вод, проведення екологічного чи еколого-економічного районування тощо.

Розрахунок значення **екологічного індексу якості води** проводиться за формулою 2.1

$$IE = \frac{I1+I2}{2}, \quad (2.1)$$

IE – екологічний індекс якості води;

I1 – індекс забруднення компонентами сольового складу;

I2 – індекс трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників [65].

#### 2.2.5. Методика біотестування на тест-об'єктах цибуля звичайна (*Allium cepa* L.) та крес-салаті (*Lepidium sativum*)

Біотестування є оцінкою впливу факторів (фізичних, хімічних або фізико-хімічних) чи їхньої комбінації на живі організми шляхом фіксації змін певного біологічного показника тестового об'єкта (індикатора) порівняно з контролем (Моршинська негазована) у визначених стандартних лабораторних умовах. Методи біотестування передбачають експериментальне виявлення токсичної дії родина водні організми (гідробіонтів), ґрунтуючись на реєстрації реакцій тест-

об'єкта за змінами біологічних показників, морфологічними та функціональними порушеннями.

Біотестування надає інтегральну характеристику впливу на водну біоту, яка, на відміну від хімічного аналізу, відображає реальний ефект дії хімічних сполук та сумішей у конкретних умовах гідрохімічного режиму.

Тест на визначення цибулі (*Allium cepa* L.) проводиться за наступною послідовністю:

1. Відбираються цибулини, після чого їх очищують.
2. Очищені цибулини поміщають в пробірки з водним зразками.
3. Через три доби вимірюється довжина корінців кожної цибулини та їхньої кількості на цибулинах.
4. Після чого обчислюється середня довжина корінців для кожного зразка.

Біотест на токсичність за зміною дожини корінця у крес-салаті (*Lepidium sativum*).

У кожену чашку Петрі із фільтрами, зволоженими пробами води, розкладаємо по 20 штукочок насінин салату. Для кожного зразка брали три чашки Петрі, для більш точного визначення, щоб потім можна було визначити середнє значення. Далі чашки закривалися й поміщалися в темне, вологу й тепле місце на 3 доби. Наступним кроком було визначення частку пророслих насінин та насінин, які залишилися в стані спокою та виміряти довжину корінців від потовщення (вузлика) до кінчика. За отриманими даними вираховували частку росту корінців порівняно з контролем.

Метод біотестування є простим і чутливим способом визначення загальної токсичності, що виявляється в інгібуванні росту коренів під дією хімічних чинників.

Для визначення токсичної дії води на тест-об'єкт використовують, таке значення як **фітотоксичний ефект**. Фітотоксичний ефект визначається у відсотках щодо довжини кореневої системи. На основі кількості рослинної маси, що утворилася, фітотоксичний ефект (ФЕ) розраховують за формулою (2.2) [56]

:

$$\Phi E = \frac{M_0 - M_x}{M_0} \times 100, \%, \quad (2.2)$$

де  $M_0$  – ростові показники рослин у пробірках з контрольною водою;

$M_x$  – ростові показники рослин у пробірках із досліджуваною водою.

Для встановлення токсичності поверхневих вод водойм за ростовим тестом біоіндикаторів розроблено шкалу рівнів токсичності (табл. 2.2)

Таблиця 2.2

**Шкала оцінки рівня токсичності води ( за А.І. Горовою) [56]**

Рівні пригнічення ростових процесів (фітотоксичний ефект), %	Рівень токсичності
0-20	Відсутня або слабка токсичність
20,1-40	Середня
40,1-60	Вища за середню
60,1-80	Висока
80,1-100	Максимальна

## РОЗДІЛ 3. ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ЗАТОПЛЕННЯ ДОЛИНИ РІЧКИ ІРПІНЬ

### 3.1. Аналіз затоплення долини річки Ірпінь

26 лютого, на початку російського вторгнення, коли ворожі сили наближалися до Києва, українські військові підірвали міст через річку Ірпінь неподалік села Демидів, що знаходиться в передмісті столиці. Зіткнувшись із цією перепорою, агресор спробував прорвати Козаровицьку дамбу, яка стримувала Київське водосховище від затоплення заплави річки Ірпінь. У відповідь українські війська частково зруйнували дамби, що відокремлювала річку від водосховища.

Вода, яка ринула із Київського водосховища в долину, створила широку та непрохідну перешкоду для ворога, що значно полегшило оборону столиці. Було затоплено 2 500 гектарів заплавлених територій, що миттєво вплинуло на екологічний стан місцевості та оборонну стратегію Києва. Російські сили не змогли подолати затоплену долину, їхній наступ увінчався поразкою.

Станом на 7 квітня 2022 рік, через 40 днів після підриву дамби, підтоплення охопило прилеглі до річки території сіл Гута-Межигірська, Красне, Мощун, Горенка, а також селище Гостомель, затопивши всі землі до позначки 103 метр над рівнем моря. Вода зупинилася за кілометр від адміністративної межі Києва, і це свідчить про ризик подальшого підйому рівня. Підкреслюючи серйозні екологічні та інші наслідки затоплення [56-57].

Розташування Козаровицької дамби та Ірпінської водонасосної станції до підриву дамби схематично представлено на рис. 3.1. А на рис. 3.2. візуалізується вже сама пошкоджена гідропорада. З цього місця вже відбувався витік води з Київського водосховища та затоплення територій долини.



Рис. 3.1. Схема Козаровицької дамби (джерело: власна розробка на основі Google Earth)



Рис. 3.2 Місце підризу Козаровицької дамби [58]

Протягом перших тижнів вода поширювалася, заливаючи все нові території долини річки Ірпінь. Проте через 1,5-2 місяці масштаби затоплення стали особливо помітними. Затоплення охопило значні площі, досягаючи до 20 кілометрів від місця витоку води, і досягаючи найбільшої ширини – близько двох кілометрів біля села Демидів. Вода поступово проникла вглиб заплави, підтоплюючи нові ділянки, зокрема прилеглі території сіл та селищ [57].

За допомогою програми Google Earth ми змогли показати місце затоплення та визначити площу затопленої території. На початок березня 2022 року площа

затоплення долини Ірпеня склала 2500 га. В літньо-осінній період 2022 року частково були проведені відновлювальні роботи на гідротехнічних спорудах Козаровицької дамби, що дало можливість зменшити площу затоплення. Зокрема, станом на серпень 2024 року ця площа складає приблизно 1436 га (рис. 3.3.), тобто площа затоплення зменшилася на 38,1 % від попереднього значення за 2022 р. (табл. 2.3)

Таблиця 3.2.

### Площа затоплення долини річки Ірпінь 2022-2024 рр.

Рік	Затоплена територія, га	Зміна площі затоплення ±, %
2022	2 500	-
2023*	1 547	38,1
2024	1 436	42,6

\* - за даними Ладики М.М. та інших [59]



Рис. 3.3. Затоплена долина річки Ірпінь (синій контур – станом на березень 2022 року; жовтий контур – станом на серпень 2024 року) (джерело: власна розробка на основі Google Earth)

Затоплення долини мало велике значення для екологічного стану території в цілому. Адже до трагедії в заплаві річки здійснювалася активно сільськогосподарська діяльність з вирощуванням соняшнику, кукурудзи на зерно, сої та інших рентабельних культур за інтенсивними технологіями з використанням добрив, пестицидів та інших агрохімікатів. Також часто це здійснювалося з порушенням Водного кодексу, що стосується розорення заплав річок [60].

На рисунку 3.4-3.5, ми можемо побачити використання земель 2012 і 2019 роках відповідно і можна відразу зробити невелике порівняння, що територія, залучена під сільське господарство за цей час стала більшою майже у 2 рази.



Рис. 3.4. Територія сільськогосподарських та меліоративних земель в 2012 році (джерело: власна розробка на основі Google Earth)



Рис. 3.5. Територія сільськогосподарських та меліоративних земель в 2019 році (власна розробка на основі Google Earth)

На цьому етапі можемо виділити негативні наслідки затоплення території, які пов'язані із сільським господарством – це вимивання пестицидів та добрив із затоплених полів у води річкового басейну. Це явище могло призвести зокрема до таких проблем як:

1. Забруднення води, адже пестициди це хімічні речовини, які потрапляючи у води річки можуть завдати шкоди одним організмам, зокрема риbam.

2. Добрива, багаті на азот і фосфор, сприяють надмірному зростанню водоростей, що веде до евтрофікації водойм. Під час розкладання водоростей поглинається кисень, що може призвести до «цвітіння води», як наслідок це погіршення якості води.

3. Пестициди, які важко розкладаються можуть накопичуватись в ґрунтах та водних середовищах, проникаючи в харчовий ланцюг і підвищують ризик для здоров'я тварин і людей.

Проте, попри такі серйозні негативні екологічні наслідки є також і позитивний аспект – це утворення водно-болотних угідь, в даному випадку штучним шляхом. Потрібно уточнити, що сільське господарство здійснювалось на території торфовищ, які могли загорятись і при цьому забруднювати повітря навколо та часто призводили до знищення врожайності. Так ось вода, накопичуючись у болотах та торфовищах виконує функцію «губки», здатної утримувати кількість вологи, яка у 10-20 разів перевищує власну масу торфу. Ця здатність до накопичення й поступової умови регіону, забезпечуючи природне регулювання водних потоків та мінімізуючи ризик повеней та посух. Такі території здатні поступово віддавати вологу під час посушливих періодів, що сприяє стабілізації клімату регіону.

Торфовища також є значним резервуаром вуглецю, що допомагає стримувати парниковий ефект. У природному вологому стані вони не піддаються загоранню, що знижує ризики пожеж під час посушливих періодів і робить ці території важливими для кліматичної стабільності та адаптації до зміни клімату і збереження біорізноманіття річкового басейну Ірпеня [56].

Все-таки найголовнішим негативним фактором для населення залишається підтоплення житлових будинків та прибудинкових територій у селах, розташованих поблизу місця підриву дамби (рис. 3.6). Це не лише завдало шкоди майну місцевих мешканців, але й створило серйозні санітарно-гігієнічні проблеми. Затоплення будинків призводить до вологи в стінах, підвалах та інших конструктивних елементів споруд, що знижує їхню міцність і спричиняє швидке псування матеріалів. Вода, яка потрапляє у підвали, також створює сприятливе середовище для цвілі та грибка, які можуть становити небезпеку для здоров'я мешканців.



Рис. 3.6. Затоплення села Демидів в 2022 р. [58]

Окремі домогосподарства в селах Козаровичі та Демидів зазнали серйозних збитків, включаючи затоплення будівельних майданчиків на заплаві річки Ірпінь таких як ЖК «Хутір Демидово» та стихійних сміттєзвалищ.

Також ситуація ускладнюється за умов сильних літніх паводків останніх років. Як зазначає «Урядовий кур'єр» [61], Україна має найбільшу кількість шатних колодязів у Європі, але, на жаль, посідає одне з останніх місць у регіоні за доступом до якісної води. Багато людей змушені користуватися водою з незахищених поверхневих джерел, хімічний склад яких нестабільний та залежить від опадів і кліматичних умов. Масштабне підтоплення в березні 2022 році додало ще один негативний фактор до цієї ситуації.

За таких обставин централізовані системи водопостачання та каналізації є необхідністю, однак багато мешканців постраждалих домівок не мали доступу

до цих систем і користувалися вигрібним ямами. Змішування неочищених стоків з водами річки Ірпінь і Київського водосховища несе загрозу забруднення, особливо у застійних водах новоутворених плес. Хоча кількість вигрібних ям та колодязів у зоні затоплення важко підрахувати, цей фактор становить потенційну екологічну загрозу.

Важко також оцінити ризики, пов'язані з підтопленням автозаправних станцій, шиномонтажу та металобази в селі Демидів. Це лише частина інфраструктурних об'єктів, які зазнали ушкоджень.

Після звільнення Київської області в інтернеті почали з'являтися фото та відео затопленої техніки, покинутої російськими військами, зокрема танків та іншої бронетехніки (рис. 3.7). Це вказує на серйозні логістичні труднощі окупантів. Середній бак танка може містити від 500 до 1600 літрів пального, а мастильні резервуари – приблизно 100 літрів. Уявити обсяг дизельного пального та оливи, що могли потрапити у водні шляхи, страшно, особливо якщо припустити, що каністри були повністю заправлені. Попри це, деяка кількість мастил все ж потрапила у воду, забруднюючи її свинцем, важкими металами, поліциклічними вуглеводнями та іншими шкідливими органічними й неорганічними речовинами. Вони створювали розводи на поверхні, що з часом утворювали плівку і осідали на дно водойм. Це завдало шкоди водній фауні, особливо риbam, ушкоджуючи зябри та кишківник, що призводить до підвищеного виділення слизу, порушень дихання та сольового балансу.



Рис. 3.7. Підтоплена техніка окупантів, яка залишилася після підриву дамби [58]

### 3.2. Дослідження біорізноманіття на затопленій території долини р. Ірпінь

Для вивчення біорізноманіття території було здійснено три польові-експедиційні виїзди на місце дослідження: восени 2023 року, а також навесні та восени 2024 року. Основну увагу була зосереджена на території поблизу села Демидів та Козаровичі, що зазнали найбільше труднощів після підриву дамби.

Перш за все постраждала рослинність, яка опинилась на шляху водних потоків, що вирвалися з водосховища. Тривале перебування під водою негативно впливає на рослинність та дерева: знижується фотосинтетична активність, порушується газообмін і накопичується продукти гниття, що поступово призводить до загибелі певних видів рослин (рис. 3.8).



Рис. 3.8 – Затоплена територія біля села Демидів (джерело: власне фото Скрит С. І., створене 18.10.2024 р.)

Також, серед спостережень, було відмічено утворення зеленої плівки на поверхні води на окремих ділянках затопленої території, що може свідчити про можливе «цвітіння води», як ми, наприклад, можемо побачити на рисунку 3.9. Крім цього, на зображенні видно рослинність, що перебуває у воді, а також засмічення водойми. Інтенсивний розвиток водоростей внаслідок надлишку

органічних речовин може призвести до евтрофікації – надмірне збагачення водойми поживними речовинами.



Рис. 3.9 – Засмічення затоплених територій та можливе «цвітіння» води  
(джерело: власне фото Скрит С.І.)

Водночас затоплення сприяло відновленню біорізноманіття, зокрема деяких видів птахів: на утворених водних територіях з'явилися лебеді-шипуні (*Cygnus olor*) – спостерігається групи по 10-15 особин, а загальна чисельність популяції, що нам вдалось порахувати це приблизно від 45-60 особин (рис. 3.10).



Рис. 3.10. Зграя лебедів на затопленій території, недалеко від села Демидів  
(джерело: власне фото Скрит С.І.)

Крім лебедів-шипунів також вдалось зустріти численні зграї мартин звичайний (*Chroicocephalus ridibundus*) (рис. 3.11), крижень звичайний, або як на нього часто говорять, дика качка (*Anas Platyrhynchos*) (рис. 3.12), чапля сіра (*Ardea cinerea*) (рис. 3.13), а також інші водно-болотні птахи, яких важко було ідентифікувати (рис. 3.14).



Рис. 3.11. Мартин звичайний (*Chroicocephalus ridibundus*) (джерело: власне фото Скрит С.І.)



Рис. 3.12. Крижень звичайний (*Anas Platyrhynchos*) (джерело: власне фото)



Рис. 3.13 – Зграя сірих чаплів (*Ardea cinerea*) (джерело: власне фото Скрит С.І.)



Рис. 3.14 – Не ідентифікований птах (джерело: власне фото Скрит С.І.)

Окрім різноманіття птахів, які знайшли сприятливі умови для гніздування та харчування на затопленій території, зміни в екосистемі вплинули й на іхтіофауну річки. Ірпінь тепер має розширені водні території, що створюють нові умови для проживання і розмноження риб, зокрема як для місцевих, так і для інвазивних видів.

У середині 19 століття у водах Ірпеня нараховували 57 видів риби. Сьогодні, за даними місцевих рибалок, серед іхтіофауни річки найпоширенішими є карась сріблястий, лящ, плітка, краснопірка, рідше зустрічаються щука, окунь, сом та судак. Із чужорідних видів помітно білий амур, чебачок амурський, товстолобик та сонячний окунь. Тепер для багатьох любителів рибалки з'явилися нові місця, де вони гарно можуть провести час (рис. 3.15).



Рис. 3.1. а - місце для рибалки; б - улов (джерело: власне фото Скрит С. І.)

Затоплення пригирлової частини річки Ірпінь, з одного боку, сприяє створенню перспективних місць для нересту риб, особливо з Київського водосховища. Однак зміни гідрологічних умов можуть неоднозначно вплинути на рибне населення. Деякі реофільні види риб, для яких важлива проточна вода, більше поширені вище за течією, де умови є сприятливішими. На затоплених ділянках умови для них менш підходящі. Водночас у затоплену зону можуть проникати інвазивні види риб із Київського водосховища, які «сприймають» її розширення як збільшення власного ареалу.

Таке проникнення чужорідних видів може порушити екосистемну рівновагу Ірпеня та Київського водосховища. Певний баланс, який тривалий час формувався для іхтіофауни, може бути втрачений через активну міграцію риб із пониззя Дніпра. Інвазивні види, такі як сонячний окунь і ротань-головешка,

можуть ще більше поширитися в басейни річки Ірпінь. Існує також ризик інтродукції нових видів із рибних господарств, що розташовані поблизу, що в подальшому може вплинути на екологічний стан та біорізноманіття річки.

Польові-експедиційні дослідження на затоплені території показали значні зміни в екосистемі, зокрема сприяючи відновленню біорізноманіття серед птахів та риби. Хоча тепер створилися нові умови для риб, змішування місцевих та інвазивних видів на новій території можуть в майбутньому порушити екологічний баланс річки та водосховища.

### 3.3. Екологічна оцінка якості води в затопленій долині р. Ірпінь

Важливу роль для оцінки екологічних наслідків затоплення долини р. Ірпінь відіграє також і оцінка зміни якості води. Нами здійснено лабораторно-аналітичні дослідження якісних показників у відібраних зразках води та їх порівняння із даними державного моніторингу якості води за довоєнний період (середньо багаторічні значення якості води за 2020-2021 рр.) (табл. 3.2).

В подальшому, з огляду на перелік доступних даних, здійснено неповну комплексну оцінку якості води. Вона базується на визначення класів і категорій якості води для окремих блоків ( сольового та трофо-сапробіологічного).

Таблиця 3.2

#### Результати аналітичних досліджень складу та властивостей води

№	Найменування показника	Одиниці вимірювання	Середньобагаторічні значення за 2020-2021 [62-63]	2024	
				Зразок №1	Зразок № 2
1.	Нітрати: N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг N/дм <sup>3</sup>	<u>0,68*</u> 1,40**	0,27±0,03	0,48±0,05

## Продовження таблиці 3.2.

2.	Нітрити: N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	мг N/дм <sup>3</sup>	<u>0,033</u> 0,079	Менше 0,010	Менше 0,010
3.	Азот амонійний: N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	мг N/дм <sup>3</sup>	<u>1,03</u> 4,02	1,33±0,12	0,89±0,08
4.	Водневий показник	Одиниці рН	<u>7,85</u> 7,89	7,20±0,05	7,12±0,05
5.	Твердість загальна (жорсткість)	ммоль/дм <sup>3</sup>	<u>6,00</u> 6,20	5,50±0,10	5,95±0,10
6.	Вміст кальцію	мг/дм <sup>3</sup>	<u>85,50</u> 87,39	75±5	97±7
7.	Вміст магнію	мг/дм <sup>3</sup>	<u>19,82</u> 19,87	21±2	13±1
8.	Перманганатн а окисніть (ХСК)	мг О/дм <sup>3</sup>	10,14*	37,6±1,8	44,3±2,0
9.	Сульфати	мг/дм <sup>3</sup>	<u>38,61</u> 62,98	23,2±0,5	30,9±0,6
10	Хлориди	мг/дм <sup>3</sup>	<u>52,11</u> 56,0	16,3±0,2	22,4±0,3

Примітка: \* - середні значення, \*\* - найгірші значення

Для початку проводимо екологічну оцінку для середньобагаторічних показників якості води за 2020-2021 р. Вона здійснена для середніх і найгірших значень, що дає можливість оцінити попередній стан водної екосистеми (табл. 3.3.)

Згідно екологічної оцінки води р. Ірпінь за середніми середньобагаторічними показниками сольового складу за 2020-2021 рр. (до воєнних дій на території) за значеннями мінералізації (506 мг/дм<sup>3</sup>) води відносяться до прісних олігогалінних 2 категорії I класу якості. За вмістом сульфат-йонів (38,61 мг/дм<sup>3</sup>) – до 1 категорії I класу якості. За вмістом хлорид-

йонів (52,11 мг/дм<sup>3</sup>) - до 3 категорії II класу якості. За середнім блоковим індексом за сольовим складом ( $I_1 = 3,0$ ) води відносяться до II класу, 3 категорії, 3 субкатегорії – «добрі», «досить чисті» води.

За найгіршими значеннями показника мінералізації (581 мг/дм<sup>3</sup>) води відносяться до прісних олігогалінних 2 категорії I класу якості. За вмістом сульфат-йонів (62,98 мг/дм<sup>3</sup>) – до 2 категорії II класу якості. За вмістом хлорид-йонів (56,0 мг/дм<sup>3</sup>) - до 3 категорії II класу якості. За середнім блоковим індексом за сольовим складом ( $I_1 = 3,67$ ) води відносяться до III класу, 4 категорії, 3-4 субкатегорії – води перехідні за якістю від «добрих», «досить чистих» до «задовільних» «слабко забруднених».

Отже, ключовим показником, що впливав на погіршення якості води у довоєнний період був підвищений вміст хлорид-йонів, обумовлений як природними так і антропогенними чинниками.

Таблиця 3.3.

### Оцінка якості води за величин сольового блоку

Показники	Величини		Категорія якості
	середні	найгірші	
Сума іонів	середні	506	2
	найгірші	581	2
$SO_4^{2-}$	середні	38,61	1
	найгірші	62,98	2
$Cl^-$	середні	52,11	3
	найгірші	56,0	3

Оцінка сольового блоку за середніми значеннями:

$$I_1 = (2+1+3)/3 = 6/3 = 2,0$$

Клас води II, категорія 3, субкатегорія 3 – «добрі», «досить чисті» води.

Оцінка сольового блоку за найгіршими значеннями:

$$(2+2+3)/3 = 3,67$$

Клас води III, категорія 4, субкатегорія 3-4 – води перехідні за якістю від «добрих», «досить чистих» до «задовільних» «слабко забруднених».

Аналіз показників трофо-сапробіологічного блоку (табл. 3.4) показує, що за середніми значеннями за водневим показником (7,85) вода відноситься до 2 категорії, за перманганатною окисненістю (10,14 мгО/дм<sup>3</sup>) – до 5 класу, за азотом нітратним (0,67 мг N/дм<sup>3</sup>) – 4 категорії, за азотом нітритним (0,033 мг N/дм<sup>3</sup>) – 5 категорії, азотом амонійним (1,03 мг N/дм<sup>3</sup>) – 6 категорії.

За блоковим індексом  $I_2 = 4,4$  – вода відноситься до III класу, 4 категорії, 4 (5) субкатегорії якості води – «задовільні», «слабко «забруднені» води з тенденцією наближення до «посередніх», «помірно забруднених».

За найгіршими значеннями показники відносяться до: водневий показник (7,89) - до 2 категорії, за перманганатною окисненістю (10,14 мгО/дм<sup>3</sup>) – до 5 класу, за азотом нітратним (0,72 мг N/дм<sup>3</sup>) – 5 категорії, за азотом нітритним (0,079 мг N/дм<sup>3</sup>) – 6 категорії, азотом амонійним (4,02 мг N/дм<sup>3</sup>) – 7 категорії.

Узагальнений показник блокового індексу ( $I_2 = 5,0$ ) вода відноситься до III класу, 5 категорії, 5 субкатегорії якості води – «посередні», «помірно забруднені» води.

Найгірші значення представлені перманганатною окисненістю та сполуками азотної групи, що характеризують підвищений вміст органічних та мінеральних речовин у воді, які легко окислюються.

Таблиця 3.4.

*Оцінка якості води за трофо-сапробіологічними показниками*

Показники	Величини		Категорії
	середні	найгірші	
Водневий показник	середні	7,85	2
	найгірші	7,89	2
Перманганатна окисність	середні	10,14	5
Азот нітратний	середні	0,67	4

## Продовження таблиці 3.4

	найгірші	0,72	5
Азот нітритний	середні	0,033	5
	найгірші	0,079	6
Азот амонійний	середні	1,03	6
	найгірші	4,02	7

Оцінка трофо-сапробіологічного блоку ( $I_2$ ) за середніми значеннями:

$$I_2 = (2+5+4+5+6)/5 = 4,4$$

III клас, 4 категорія, 4 (5) субкатегорія якості води – «задовільні», «слабко забруднені» води з тенденцією наближення до «посередніх», «помірно забруднених»

Оцінка трофо-сапробіологічного блоку ( $I_2$ ) за найгіршими значеннями:

$$I_2 = (2+5+5+6+7)/5 = 5,0$$

III клас, 5 категорія, 5 субкатегорія якості води – «посередні», «помірно забруднені» води.

За комплексним екологічним індексом якості води за результатами якості води в довоєнний період:

$IE$  (середні) =  $(3,0+4,4)/2 = 3,7$  – III клас якості 4 категорія, 3-4 субкатегорія - води перехідні за якістю від «добрих», «досить чистих» до «задовільних», «слабко забруднених».

$IE$  (найгірші) =  $(3,67+5,0)/2 = 4,34$  – III клас якості 4 категорія 4 (5) субкатегорія - «задовільні», «слабко забруднені» води з тенденцією наближення до «посередніх», «помірно забруднених»

Екологічна оцінка якості води зразку №1 (с. Демидів).

Оцінка категорії якості води за показниками сольового блоку представлена у табл. 3.5. За сумою іонів ( $543 \text{ мг/дм}^3$ ) води відносяться до олігогалінних 2 класу якості. За вмістом сульфат-йонів ( $23,2 \text{ мг/дм}^3$ ) та хлорид-йонів ( $16,3 \text{ мг/дм}^3$ ) – до 1 категорії якості.

За узагальненою оцінкою блокового індексу  $I_1 = 1,33$  вода зразку № 1 (с. Демидів) відноситься до I класу якості води, 1 категорії, 1 (2) субкатегорії – «відмінні» «дуже чисті» з тенденцією наближення до категорії «дуже добрих», чистих» вод.

Таблиця 3.5

**Оцінка категорії якості води на затопленій території (с. Демидів) за показниками сольового блоку ( $I_1$ )**

Показники	Величини	Категорії
Сума іонів	543	2
$SO_4^{2-}$	23,2	1
$Cl^-$	16,3	1

$$I_1 = (2+1+1)/3 = 1,33$$

Клас води 1, категорія 1, субкатегорія 1 (2) – «відмінні» «дуже чисті» з тенденцією наближення до категорії «дуже добрих», чистих» вод.

Оцінку якості води за показниками трофо-сапробіологічного блоку представлено у табл. 3.6. Найгірші значення спостерігаємо за показником перманганатної окисненості ( $37,6 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ ) (7 категорія) та азоту амонійного ( $1,33 \text{ мг/ дм}^3$ ) (6 категорія).

За усередненою оцінкою показника блокового індексу ( $I_2 = 5,67$ ) води відносяться до IV класу якості, 6 категорії, 5-6 субкатегорії якості води – води, перехідні за якістю від «посередніх», «помірно забруднених» до «поганих», «брудних».

Таблиця 3.6

**Оцінка категорії якості води на затопленій території (с. Демидів) за показниками трофо-сапробіологічного блоку (I<sub>2</sub>)**

Показники	Величини	Категорії
Водний показник	7,20	1
Перманганатна окисність	37,6	7
Азот нітратний	0,27	2
Азот нітритний	Менше 0,010	1
Азот амонійний	1,33	6

$$I_2 = (1+7+2+1+6) = 17/3 = 5,67$$

IV клас, 6 категорія, 5-6 субкатегорія якості води – води, перехідні за якістю від «посередніх», «помірно забруднених» до «поганих», «брудних».

Наступним кроком є визначення екологічного індексу якості води.

$$IE = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

$$IE = (1,33 + 5,67) / 2 = 3,50$$

Якість води зразку №1, відібраного у с. Демидів, відповідає II класу якості 3 категорії 3(4) субкатегорії – «добрі», «досить чисті» води з тенденцією наближення до «задовільних», «слабко забруднених».

Екологічна оцінка якості води зразку №2 (с. Козаровичі).

Оцінка показників, що відносяться до сольового блоку, представлена у таблиці 3.7. За сумою іонів (557 мг/дм<sup>3</sup>) та вмістом хлорид-іонів (22,4 мг/дм<sup>3</sup>) вода відноситься до 2 категорії, а за всістос сульфат-іонів (30,9 мг/дм<sup>3</sup>) – до 1 категорії.

Усереднений блоковий індекс  $I_1$  становить 1,67, що відповідає II класу якості 2 категорії 1-2 субкатегорії – води перехідні за якістю від «відмінних», «дуже чистих» до «дуже добрих», «чистих».

Таблиця 3.7

**Оцінка категорії якості води на затопленій території (с. Козаровичі) за показниками сольового блоку ( $I_1$ )**

Показники	Величини	Категорії
Сума іонів	557	2
$SO_4^{2-}$	30,9	1
$Cl^-$	22,4	2

$$I_1 = (2+1+2)/3 = 1,67$$

Клас води II, категорія 2, субкатегорія 1-2 - води перехідні за якістю від «відмінних», «дуже чистих» до «дуже добрих», «чистих».

У табл. 3.8. представлено показники трофо-сапробіологічного блоку та їх оцінка за відповідними категоріями для подальшого визначення блокового індексу  $I_2$ . Найбільші значення перманганатної окиснюваності (44 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) (7 категорія якості), азоту амонійного (0,89 мг/дм<sup>3</sup>) (5 категорія). Це може характеризувати «свіже» забруднення води легкокорозчинними органічними і неорганічними сполуками.

Таблиця 3.8

**Оцінка категорії якості води на затопленій території (с. Козаровичі) за показниками трофо-сапробіологічного блоку (I<sub>2</sub>)**

Показники	Величини	Категорії
Водний показник	7,12	1
Перманганатна окисність	44,3	7
Азот нітратний	0,48	3
Азот нітритний	Менше 0,010	1
Азот амонійний	0,89	5

$$I_2 = (1+7+3+1+5) = 17/3 = 5,67$$

IV клас, 6 категорія, 5-6 субкатегорія якості води - води, перехідні за якістю від «посередніх», «помірно забруднених» до «поганих», «брудних».

$$\text{Екологічний індекс ІЕ} = (1,67 + 5,67) / 2 = 3,67$$

Якість води зразку №2 (с. Козаровичі) за екологічним індексом (ІЕ = 3,67) відповідає III класу якості 4 категорії 3-4 субкатегорії – води перехідні за якістю від «добрих», «досить чистих» до «задовільних», «слабко забруднених».

У таблиці 3.9 представлено порівняльну характеристику середніх значень індексів екологічної оцінки якості води в долині р. Ірпінь внаслідок воєнних дій.

Таблиця 3.9

**Порівняльна характеристика середніх значень індексів екологічної оцінки якості води в долині р. Ірпінь**

Індекс	2020-2021 рр.	2024	
		Зразок №1 (с. Демидів)	Зразок №2 (с. Козаровичі)
I <sub>1</sub>	3,0	1,33	1,67
I <sub>2</sub>	4,4	5,67	5,67
ІЕ	<b>3,70</b>	<b>3,50</b>	<b>3,67</b>
Клас якості	III	II	III
Категорія	4	3	4
Субкатегорія	3-4	3(4)	3-4
Словесна характеристика	води перехідні за якістю від «добрих», «досить чистих» до «задовільних», «слабко забруднених»	«добрі», «досить чисті» води з тенденцією наближення до «задовільних», «слабко забруднених».	води перехідні за якістю від «добрих», «досить чистих» до «задовільних», «слабко забруднених»

Просторово-часовий аналіз змін якості води в долині р. Ірпінь показує, що станом на 2024 рік вниз за течією річки фіксуємо покращення значень сольового індексу (I<sub>1</sub>) з 3,0 до 1,33-1,67. Однак, натомість відбувається погіршення значень блоку трофо-сапробіологічних показників з 4,4 до 5,67. Переважно, це відбувається за рахунок перманганатної окисненості та азоту амонійного, що характеризує наявність легкоокислювальних органічних і неорганічних забруднювачів.

### 3.4. Біотестування якості води на затопленій території р. Ірпінь

Для проведення біотестування було використано 2 види тест-об'єктів: цибуля звичайна (*Allium cepa L.*) (рис. 3.16) та крес-салат (*Lepidium sativum*) (рис. 3.17).

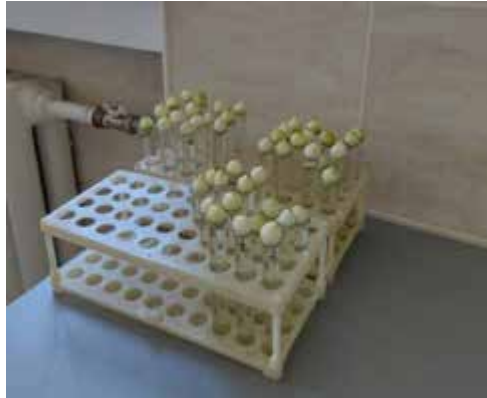


Рис. 3.16 . Проведення біотестування на цибулі звичайній (*Allium cepa L.*)  
(джерело: власне фото Скрит С. І.)



Рис. 3.17. Проведення біотестування на крес-салаті (*Lepidium sativum*) (джерело:  
власне фото Скрит С.І.)

Після того як ми виконали всю підготовчу роботу і пройшло три доби ми виміряли корінці тест-об'єктів та отримали наступні результати (представлені в табл. 3.2-3.3).

Таблиця 3.10

**Результати біотестування на *Allium sera* за період 2024 рр. (поверхневі води р. Ірпінь)**

№ з/п	Зразки	Довжина корінців, см	Середнє значення корінця (середнє арифметичне), см	Кількість корінців	Рівні пригнічення ростових процесів (фітотоксичний ефект), %
1.	Контроль	0,1-6,0	±3,5	Від 6 до 18	0
2.	р. Ірпінь, зразок 1 біля с. Демидів	0,4-5,8	±3,4	Від 6 до 16	2,9
3.	р. Ірпінь, зразок 2 біля села Козаровичі	0,2-5,6	±3,37	Від 5 до 14	3,7

Тест на цибулі звичайній (*Allium sera*) показав, що рівень токсичності досліджуваної затопленої ділянки відсутній або дуже слабкий.

Таблиця 3.11

**Результати біотестування на *Lactuca sativa* (середні показники) за 2024 рік (поверхневі води р. Ірпінь)**

№ з/п	Зразки	Характеристики насіння				Рівні пригнічення ростових процесів (фітотоксичний ефект), %
		Кількість пророслих, шт.	Кількість в стані спокою, шт.	Довжина корінця, см	Середнє значення корінця (середнє арифметичне)	
1.	Контроль	41	19	Від 2,6 до 6,5	±4,8	0
2.	р. Ірпінь, зразок 1 біля села Демидів	43	17	Від 3,5 до 6,3	±4,76	4
3.	р. Ірпінь, зразок 2 біля села Козаровичі	45	15	Від 3,0 до 6,6	±4,73	7

Дослід на токсичність за зміною довжини корінця у крес-салату (*Lepidium sativum*) дав змогу стверджувати, що істотного токсичного забруднення досліджувана затоплена територія не має. Ріст корінця порівняно з контролем

коливається від 4% до 7%. Довжина корінця ( на третю добу експерименту) складала від 2,6 до 6,6 см.

Також в результаті аналітичних досліджень у зразку №2, який був відібраний біля с. Козаровичі, показав присутність одноклітинних організмів таких як циклопи (*Cyclops*), які є показниками екологічного стану водойм (рис. 3.18). Їх присутність вказує на III клас якості води, що означає забрудненість водойми.



Рис. 3.18 Циклоп (*Cyclops*) [64]

Води цього класу, позначені на картах якості жовтим кольором, відрізняються підвищеним вмістом біогенних елементів і органічних речовин. Це призводить до збільшення біопродуктивності водойм, стимулюючи активне зростання водної рослинності та явище «цвітіння» води – масового розмноження мікроскопічних водоростей.

У водах III класу знижується загальне різноманіття рослин і тварин, оскільки вони можуть підтримувати життя лише тих видів, що здатні витримувати певний рівень забруднення. Серед донних безхребетних зазвичай трапляються легеневі молюски, п'явки, планктонні ракоподібні (дафнії, циклопи), водяні клопи, жуки, а також личинки бабок. Такі екосистеми часто виникають у озерах і річках, куди потрапляють побутові стоки або стоки з тваринницьких ферм, цукрових заводів та інших промислових об'єктів.

Отже, присутність циклопів та інших організмів, стійких до забруднення, є показником екологічного стану затоплених територій. Це підкреслює необхідність контролю за якістю води, адже збереження або поліпшення стану новоствореної екосистеми має важливе значення для місцевої флори та фауни.

### 3.5. Систематизація наслідків затоплення долини р. Ірпінь

Для повноцінної оцінки подій, що відбулися внаслідок затоплення території, необхідно розглянути їхню двоїсту природу. З одного боку, такі події можуть мати руйнівні наслідки, а з іншого – відкривати нові можливості. Таблиця 3.12 наочно демонструє цей баланс, представляючи як позитивні, так і негативні аспекти затоплення.

Таблиця 3.12

#### Наслідки затоплення долини річки Ірпінь

Наслідки	
Позитивні	Негативні
Відновлення водно-болотних угідь (потенційно новий кластер природно-заповідного фонду)	Забруднення води та ґрунтів (накопичення у воді відходів та забруднюючих речовин)
Відновлення біорізноманіття, як середовище існування для водоплавних тварин, птахів тощо	Зміна середовища існування річкових та прибережних видів флори та фауни, потрапляння інвазивних видів з водосховища.
Сповільнення процесів розорення заплави річки	Затоплення сільськогосподарських угідь
Депонування карбону в торфовищах	Підтоплення домогосподарств
	Загибель деревної рослинності

## ВИСНОВКИ

1. У 2022 році площа затоплених земель складала близько 2 500 га. Часткове відновлення гідротехнічних споруд Козаровицької дамби влітку й восени того ж року дозволило зменшити площу затоплення, і станом на серпень 2024 року вона становила близько 1 436 га, що на 38,1 % менше порівняно з початковим рівнем. Важливим аспектом цього затоплення стало залиття сільськогосподарських угідь. З одного боку, це негативно вплинуло на сільське господарство, але, з іншого боку, уповільнило розорювання заплави, що раніше набувало дедалі більшої інтенсивності.

2. На затоплених територіях спостерігається відновлення біорізноманіття. Долина річки стала домівкою для багатьох водоплавних птахів, зокрема лебедя-шипуну, чаплі та інших видів. Збільшилася чисельність риби, адже нові умови сприяли нересту й відгодівлі молоді. Однак виникла загроза поширення інвазивних видів риби, що потрапляють у річку Ірпінь із Київського водосховища.

3. Якість води зразка №1 (с. Демидів), відібраного у с. Демидів, відповідає II класу якості води 3 категорії 3(4) субкатегорії — «добрі», «досить чисті» води з тенденцією наближення до «задовільних», «слабо забруднених».

Якість води зразка №2 (с. Козаровичі) за екологічним індексом (ІЕ=3,67) відповідає III класу якості 4 категорії 3-4 субкатегорії – води перехідні за якістю від «добрих», «досить чистих», до «задовільних», «слабо забруднених».

4. Просторово-часовий аналіз змін якості води в долині р. Ірпінь показує, що станом на 2024 рік вниз за течією річки фіксуємо покращення значень сольового індексу ( $I_1$ ) з 3,0 до 1,33-1,67. Однак, натомість відбувається погіршення значень блоку трофо-сапробіологічних показників з 4,4 до 5,67. Переважно, це відбувається за рахунок перманганатної окисненості та азоту амонійного, що характеризує наявність легкоокислювальних органічних і неорганічних забруднювачів.

5. Біотестування з використанням тест-об'єкту цибулі звичайній (*Allium cepa*) та крес-салату (*Lepidium sativum*) показало, що рівень токсичності досліджуваної затопленої ділянки відсутній або дуже слабкий.

6. У воді (с. Козаровичі) присутні одноклітинні організми – циклопи (*Cyclops*), які є показниками екологічного стану водойм, що вказує на III клас якості води й означає забрудненість водойми.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. За два роки повномасштабного вторгнення РФ нанесла шкоди українському довкіллю на майже 63 мільярди доларів США: офіційний сайт Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів. URL: <https://mepr.gov.ua/news/39348.html> (дата звернення: 10.11.2024)
2. Сучасний стан навколишнього природного середовища в умовах війни / Пацева І.Г. та інші. Київ: *Екологічні науки*. 2022. Випуск 43. Том 4. С. 19-22 с. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.4-43.3>
3. Дідковська Л. Водні конфлікти в Україні та світі. *Acta Academiae Beregsasiensis. Economics*. 2024. № 5. С. 69–85. URL: <https://doi.org/10.58423/2786-6742/2024-5-69-85>
4. Горбулін, В. П., Мосов, С. П. Водні конфлікти як індикатор загострення світової кризи прісної води. *Вісник НАН України*. 2023. №2. С. 3-11. URL: <https://doi.org/10.15407/visn2023.02.003>
5. Ситник О. І., Проценко О. В. Вплив війни на клімат та водні ресурси. *Редакційна колегія*. 2023. С. 92-98
6. Загарбницька війна росії порушує права українців на доступ до водних ресурсів: офіційний сайт Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів. URL: <https://mepr.gov.ua/news/39348.html> (дата звернення: 10.11.2024)
7. Water in war: understanding the impacts of armed conflict on water resources and their management / J. Schillinger et al. *WIREs water*. 2020. Vol. 7, no. 6. URL: <https://doi.org/10.1002/wat2.1480> (date of access: 8.11.2024).
8. Shumilova, O., Tockner, K., Sukhodolov, A. et al. (2023). Impact of the Russia–Ukraine armed conflict on water resources and water infrastructure. *Nat Sustain*, (6), 578–586. URL: <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01068-x>
9. Саніна І. В., Люта Н. Г. Екологічні наслідки підриву греблі Каховської ГЕС і шляхи вдосконалення водопостачання населення. *Мінеральні ресурси України*. 2023. № 2. С. 50-55. URL: <https://doi.org/10.31996/mru.2023.2.50-55>

10. Тернопільщину знову атакували ракетами: уламки пошкодили емність з аміаком. *ПІК*. URL: <https://pik.net.ua/2022/04/05/ternopilshhynu-znovu-atakuvaly-raketamy-ulamky-poshkodyly-yemnist-z-amiakom/> (дата звернення: 13.11.2024).
11. Огляд року війни для водних ресурсів України. *Го «Екологія – право – людина»*. URL: <http://epl.org.ua/announces/oglyad-roku-vijny-dlya-vodnyh-resursiv-ukrayiny/> (дата звернення: 10.11.2024).
12. Кратко О. В., Кратко С. В. Вплив воєнних дій на навколишнє природне середовище України. *V Міжнародна науково-практична конференція «Prospects of modern science and education» 07-10 лютого 2023 р.*, Стокгольм, Швеція. 2023. С. 63-67.
13. Строкаль, В., Ковпак, А. В. Воєнні конфлікти та вода: наслідки й ризики. *Науково-практичний журнал «Екологічні науки*. 2022. № 5(44). С. 94-102. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.14>
14. Лісова Н.О. Вплив військових дій в Україні на екологічний стан території. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. 2017. Том 43. № 2 . С 165–173.
15. Ангурець О., Хазан П., Колесникова К., Кущ М., Чернохова М., Гавранек М. Наслідки для довкілля війни росії проти України. URL: <https://cleanair.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/cleanair.org.ua-environmental-70-consequences-of-russian-war-in-ukraine-war-damages-en-version.pdf> (дата звернення: 13.11.2023).
16. Конвенція про водно-болотні угіддя, що мають міжнародне значення, головним чином як середовище існування водоплавних птахів : підписана 02 лютого 1971 р. З поправка-ми, унесеними Паризьким протоколом від 03.12.1982 та Ріджинськими поправками від 24.05.1987). *База даних «Законодавство України»*. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_031#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_031#Text) (дата звернення: 10.11.2024).
17. Шевчук С.А. Фіксація екологічних збитків, за-вданих водним об'єктам України внаслідок військової агресії рф. Сучасні технології та

досягнення інженерних наук в галузі гідротехнічного будівництва та водної інженерії: збірник наукових праць. Херсон. ХДАЕУ. 2022. Випуск №4. С. 11-18.

18. Люди плавають у магазин на човнах, рятувальники борються з потопом: як живе Кривий Ріг після обстрілу (фото, відео). *War Telegraf*. URL: <https://war.telegraf.com.ua/ukr/ukraina/2022-09-15/5716567-lyudi-plavayut-u-magazin-na-chovnakh-ryatuvalniki-boryutsya-z-potopom-yak-zhive-kriviy-rig-pislya-obstrilu-foto-video> (дата звернення: 13.11.2024).

19. The Ukraine Rapid Damage and Needs Assessment –August 2022 report. URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099445209072239810/pdf/P17884304837910630b9c6040ac12428d5c.pdf>. (дата звернення: 11.11.2024).

20. Environmental damage to water resources of Ukraine as a result of russia's military aggression, Землянська О.В. та інші. *Scientific Notes of Lviv University of Business and Law*, 2023. № 36. С. 4-13.

21. Вп'ятеро менше води: як під час війни обміліло Оскільське водосховище на Харківщині. *Суспільне Харків*. URL: <https://susplne.media/kharkiv/302934-vpatero-mense-vodi-ak-pid-cas-vijni-obmililo-oskilske-vodoshovise-na-harkivsini/> (дата звернення: 14.11.2024).

22. Тягно Ю.В., Дрозд О. М. Стан території Оскільського водосховища в результаті воєнних дій. 2023. С. 190-191.

23. Ляшенко С. О., Фесенко А. М., Кісь В.М. Екологічні небезпеки військових дій на території Харківської області в російсько-українській війні в 2022-2024 роках. *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. статей XX Міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 19-20 вересня 2024 р.) / УКРНДІЕП., 2024. С. 278-285.*

24. Беліцький О. С. Полукаров Ю. О. Екологічні наслідки підриву греблі Каховської ГЕС. *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: збірник матеріалів XXV Всеукраїнської науково-методичної конференції (м. Київ, 16 листопада 2023 р.)*. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2023. С. 29-32.

25. Короленко І. С., Вікуліна Л. Ф. Екологічні наслідки підриву Каховської ГЕС. Актуальні аспекти розвитку науки і освіти: збірник матеріалів III Міжнародної науково-практичної конференції (м. Одеса, 09-10 листопада 2023 р.). Одеса, ОДАУ. 2023. С. 364-365.

26. Янковський О., Бадюк О. «Довготривалі наслідки». Чи буде питна вода на півдні України після руйнації Каховської ГЕС?. *Радіо Свобода*. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/novyny-pryazovya-katastrofa-kakhovska-hes-pytna-voda-pivden-ukrayiny/32455576.html> (дата звернення: 14.11.2024).

27. Огляд року війни для водних ресурсів України. Екологія право людини від 25.03.2023 року. URL: <http://epl.org.ua/announces/oglyad-roku-vijny-dlyavodnyh-resursiv-ukrayiny/>.

28. Кузіна Н.А. Руйнування інфраструктури водопостачання та гідротехнічних об'єктів в Україні під час російської агресії." *Матеріали П'ятої Всеукраїнської науково-практичної конференції «Євроінтеграція екологічної політики України»*. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2023. С. 27-29.

29. . Клименко М. О., Крижановський Є. М., Мокін В. Б., Овчаренко І. І., Яцолт А. Р. Рациональне використання та відновлення водних ресурсів. Житомир: ЖДУ ім. І. Франка. 2016. С. 123-128

30. Дочинець В.В., Шуплат Т. І. Наслідки військових дій для водних ресурсів України. Збірка тез доповідей Круглого столу «Відновлення довкілля України внаслідок збройної агресії росії», Львів: Державна служба України з надзвичайних ситуацій Львівський державний університет безпеки життєдіяльності. 2023. С. 22-19.

31. Єрмолаєва Т.В. Поствоєнне відновлення довкілля: українські реалії та тенденції. *Актуальні проблеми земельного, аграрного та екологічного права в умовах сучасних викликів і загроз*: матеріали круглого столу (Харків, 12 трав. 2023 р.). Харків : Право. 2023. С. 197–200.

32. Покровська Н..М. Концептуальні засади післявоєнного відновлення України, економічні аспекти. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2022. № 4 (274). С. 41–47.

33.

Агроекологічна оцінка можливості ренатуралізації меліорованих земель як напрямку вирішення регіональних екологічних проблем північно-західного Полісся. С. Бондарчук та ін. *Галузеві дослідження XXI століття аграрні науки зоологія та ветеринарія виробництво та технології*. 2021. С. 48–54. URL: <https://doi.org/10.36074/hdsanzvvt.ed-1.05>

35. Фрідлянд М. М. Зелені технології у сучасному будівництві: аналіз відновлюваних матеріалів та ефективності енергоефективних систем. *Міжвузівський збірник «наукові нотатки»*. 2024. № 77. С. 104–112. URL: <https://doi.org/10.36910/775.24153966.2024.77.17>.

36. Vietnam After the War. 2014. URL: <https://asiapacificcurriculum.ca/learning-module/vietnam-after-war> (дата звернення: 14.11.2024)

37. Dang P. T. Restoration of war-damaged ecosystems in Vietnam: A human ecological function. *Biodiversity*. 2012. Vol. 5, no. 4. P. 2. URL: <https://doi.org/10.1080/14888386.2004.9712741>

38. Robert A. At the Heart of the Vietnam War: Herbicides, Napalm and Bulldozers Against the A Luóí Mountains. *Revue de géographie alpine*. 2016. № 104-1. URL: <https://doi.org/10.4000/rga.3266>

39. Післявоєнна доля світових нацпарків: збереження з користю для людей, держави та природи - Українська природоохоронна група. *Українська природоохоронна група*. URL: <https://uncg.org.ua/pisliavoienna-dolia-svitovykh-natsparkiv-zberezhennia-z-korystiu-dlia-liudej-derzhavy-ta-pryrody/> (дата звернення: 14.11.2024).

40. Report: The past, present and future of the Mesopotamian marshes - CEOBS. *CEOBS*. URL: <https://ceobs.org/the-past-present-and-future-of-the-mesopotamian-marshes/> (date of access: 14.11.2024).

41. Еколог пояснив, чому Україні потрібно відновити Каховську ГЕС. УНІАН. URL: <https://www.unian.ua/> (дата звернення: 10.11.2024).

42. Пешкова О., Устінова І. Ветланд-парки як засіб регенерації белігеративних ландшафтів України. *Grail of Science*. 2024. № 39. С. 770–778. URL: <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.10.05.2024.125>

43. Учасники проектів Вікімедіа. Ірпінь (річка) – Вікіпедія. *Вікіпедія*. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Ірпінь\\_\(річка\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Ірпінь_(річка)) (дата звернення: 15.11.2024).

44. Річка Ірпінь була кордоном і шляхом у Західну Європу. *Українська Народна Рада Приирпіння*. URL: <http://imounr.org.ua/richka-irpin-bula-kordonom-i-shlyahom-u-zahidnu-evropu/> (дата звернення: 14.11.2024).

45. Польові-експедиційні дослідження. *Ужгородський національний університет*. URL: <https://www.uzhnu.edu.ua/en/infocentre/get/23890> (дата звернення: 15.11.2024).

46. ДСТУ ISO 5667-6:2009 Якість води. Відбирання проб. Частина 6. Настанови щодо відбирання проб з річок і струмків (ISO 5667-6:2005, IDT). – Київ, 2003. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=64511](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64511)

47. ДСТУ 4808:2007 Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання. *Видавництво стандартів*. Київ. 2007. С. 42. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=53159](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=53159)

48. ДСТУ 4078-2001 Якість води. Визначання нітрату. Частина 3. Спектрометричний метод із застосуванням сульфосаліцилової кислоти (ISO 7890-3:1988, MOD). Київ. 2001. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=73287](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=73287)

49. ДСТУ ISO 6777:2003 Якість води. Визначання нітритів. Спектрометричний метод молекулярної абсорбції (ISO 6777:1984, IDT). Київ. 2003. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=56481](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=56481)

50. ДСТУ 4077-2001 Якість води. Визначення рН (ISO 10523:2008, IDT). Київ. 2001. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=52791](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=52791)

51. ДСТУ ISO 6059:2003 Якість води. Визначання сумарного вмісту кальцію та магнію. Титрометричний метод із застосуванням етилендіамінтетраоцтової кислоти (ISO 6059:1984, IDT). Київ. 2003. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=52715](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=52715)

52. ДСТУ ISO 8467:2021 Якість води. Визначення перманганатної окиснюваності (ISO 8467:1993, IDT). Київ. 2021. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=95555](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=95555)

53. ДСТУ ISO 10304-1:2003 Якість води. Визначання розчинених фторид-, хлорид-, нітрит-, ортофосфат-, бромід-, нітрат- і сульфат-іонів методом рідкої хроматографії. Частина 1. Метод для слабкозабруднених вод (ISO 10304-1:1992, IDT). Київ. 2003. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=57249](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=57249)

54. ДСТУ ISO 9297:2007 Якість води. Визначення хлоридів. Титрування нітратом срібла із застосуванням хромоту як індикатора (метод Мора) (ISO 9297:1989, IDT). Київ, 2007. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=53158](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=53158)

55. Клименко М.О., Прищепя А. М., Клименко О. М., Стецюк Л. М. Оцінювання стану водних екосистем за показниками біотестування: *Монографія*. Рівне: НУВГП. 2014. С. 121-125.

56. Героїчна оборона та екологічна драма в долині річки Ірпінь / В. Стародубцев та ін. *International scientific journal «Grail of Science»*. 2023. № 23. С. 172–182. URL: <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.23.12.2022.28> (дата звернення: 13.11.2024).

57. Підрив греблі річки Ірпінь. Як росіян зупинила вода. 2022 URL: <https://texty.org.ua/articles/106945/pidryv-hrebli-richky-irpin-yak-rosiyan-zupynyla-voda/> (дата звернення: 13.11.2024).

58. Телеканал 2+2. РІЧКА ГЕРОЙ! Як невеличка річка Ірпінь зупинила ворога?, 2024. *YouTube*. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=I7HwqbCvcDQ> (дата звернення: 15.11.2024).

59. Ладика М. М. Звіт про науково-дослідну роботу дослідити зміни еколого-меліоративного стану осушуваних заболочених земель в Україні (остаточний) 2023 р. 159 с.

60. Водний кодекс України. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр> (дата звернення: 15.11.2024).

61. Джерело життя перетворюється на джерело хвороб. *Урядовий Кур'єр*. URL: <https://ukurier.gov.ua/uk/articles/dzherelo-zhittya-peretvoryuyetsya-na-dzherelo-hvor/> (дата звернення: 15.11.2024).

62. Державний водний кадастр. Розділ 1. Поверхневі води. Серія 2. Щорічні дані про якість поверхневих вод суші. Частина 1. Річка і канали. Частина 2. Озера та водосховища. Центральна геофізична обсерваторія імені Бориса Срезневського. 2020 р.

63. Державний водний кадастр. Розділ 1. Поверхневі води. Серія 2. Щорічні дані про якість поверхневих вод суші. Частина 1. Річка і канали. Частина 2. Озера та водосховища. Центральна геофізична обсерваторія імені Бориса Срезневського. 2021 р.

64. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Затверджено Мінекобезпеки України від 31.03.98 р. №44 і погоджено з держ гідрометром та Держводгоспом України / Автори Романенко В.Д., Жулинський В.М., Оксіюк О.П. та ін. К.:СИМВОЛ-Т, 1998. С. 48.

65. Досвід використання «Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» (пояснення, застереження, приклади) / А.В. Яцик, В.М. Жукинський, А.П. Чернявська та ін. К.: Оріяни, 2006. С. 44.