

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувачка катедри
екології агросфери та екологічного контролю
_____ **Наумовська О. І.**
« ____ » _____ 2025 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Оцінювання ступеня сапробності водойми озера Дідорівка в
НПП «Голосіївський» у м. Київ»

Спеціальність 101 Екологія

Гарант освітньої програми

доктор педагогічних наук, професор
кафедри загальної екології,
радіобіології та безпеки життєдіяльності _____

Володимир БОГОЛЮБОВ

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

кандидат педагогічних наук,
доцент кафедри екології агросфери та
екологічного контролю _____

Віта СТРОКАЛЬ

Виконала _____

Валентина САМОЙЛЕНКО

КИЇВ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології
Катедра екології агросфери та екологічного контролю
Освітній ступінь «Бакалавр»
Спеціальність 101 «Екологія»**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувачка катедри
екології агросфери та екологічного
контролю
_____ **Наумовська О. І.**
“ ” _____ **2025 р.**

ЗАВДАННЯ
на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Самойленко Валентині Володимирівні

1. Тема роботи «Оцінювання ступення сапробності водойми озера Дідорівка в НПП «Голосіївський» у м. Київ»
керівник роботи доц., канд. пед. наук Строкаль В. П.
2. Строк подання студентом роботи 23 травня 2025 року
3. Вихідні дані до роботи: літературні дані, нормативні документи, результати аналізів.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
 - 4.1. Зібрати та проаналізувати наявні дані (статті, відомості та інші джерела) про озеро Дідорівка.
 - 4.2. Зібрати проби води та зробити фізико-хімічний та біологічний аналізи.
 - 4.3. Дати оцінку ризиків, визначити наслідки антропогенного впливу й сформулювати екологічні рекомендації.

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Строкаль В. П.		
2	Строкаль В. П.		
3	Строкаль В. П.		

6. Дата видачі завдання 1 вересня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної бакалаврської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Затвердження теми дипломної роботи та робота з відповідною літературою	Вересень	
2	Огляд літератури	Вересень-листопад	
3	Забір зразків води у озері Дідорівка для фізико-хімічного та біологічного аналізів	Вересень	
4	Надання рекомендацій щодо покращення екологічного стану озера Дідорівка	Березень-квітень	
5	Оформлення висновків та доопрацювання дипломної роботи	Травень	

Завдання прийняла до виконання

_____ (підпис)

Самоїленко В.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Строкаль В.П.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 63 с., 13 табл., 2 рис., 35 джерел.

Актуальність теми: В умовах посиленого антропогенного тиску, особливо в міських районах, водні об'єкти піддаються значній деградації. Це проявляється у накопиченні органічних та біогенних речовин, що спричиняє небажані наслідки.

Об'єкт дослідження: озеро Дідорівка, як типовий представник водних об'єктів, що зазнають значного антропогенного навантаження в умовах міських агломерацій.

Предмет дослідження: ступінь сапробності води озера Дідорівка. Ступінь сапробності визначається комплексом фізико-хімічних, біологічних та мікробіологічних показників.

Мета: оцінка ступеня сапробності води озера Дідорівка в умовах органічного та біогенного забруднення з метою розробки рекомендацій щодо збереження та відновлення рівня якості води.

Структура. Дипломна робота складається з вступу, трьох розділів та висновків.

У першому розділі представлені теоретичні аспекти дослідження якості водойм.

У другому розділі викладені методи та методика проведення дослідження.

У третьому розділі наведені результати та їх аналіз.

У висновках – підсумки результатів аналізів та рекомендації для покращення екологічного становища у водоймі.

Ключові слова: озеро Дідорівка, сапробність, урбанізація, антропогенне навантаження, забруднюючі речовини, індикатори сапробності, сапробіонти, ДСТУ, ISO, COY .

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ВОДОЙМ... 8	8
1.1. Стан якості водойм у м. Київ	8
1.2. Сапробність водойм	13
1.3. Індикатори сапробності	15
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	21
2.1. Опис місця та умов проведення дослідження	21
2.2. Методика відбору проб та визначення показників	24
2.3. Показники якості води та методи оцінки сапробності	28
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ АНАЛІЗ	34
3.1. Результати аналізу води за гідрохімічними показниками	34
3.2. Мікробіологічний аналіз якості води	36
3.3. Обґрунтування виявлених рівнів забруднення та їхнього значення для стану водойми.....	38
3.4. Аналіз сапробності води.....	44
3.5. Рекомендації та заходи щодо покращення якості води, що враховують результати дослідження.....	47
ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	55
ДОДАТКИ	59
Додаток А. Результати аналізу	60
Додаток Б. Фото-фіксація проб відбору води.....	63
Додаток В. Список публікацій	65

ВСТУП

Актуальним є занепокоєння станом водних екосистем, що зростає, оскільки якість води в них безпосередньо впливає на екологічну рівновагу та благоустрій суспільства. В умовах посиленого антропогенного тиску, особливо в міських районах, водні об'єкти піддаються значній деградації. Це проявляється у накопиченні органічних та біогенних речовин, що спричиняє небажані наслідки. Озеро Дідорівка, розташоване в межах Голосіївського лісу, слугує показним прикладом водойми, яка відчуває суттєвий тиск урбаністичного середовища. Його рекреаційне значення робить оцінку якості води та її сапробності невідкладною задачею. Наявні прогалини у комплексних дослідженнях локальних водойм міських агломерацій (фізико-хімічні, біологічна та мікробіологічні показники), підкреслюють нагальну потребу в сучасному аналізі стану таких об'єктів.

Метою роботи є оцінка ступеня сапробності води озера Дідорівка в умовах органічного та біогенного забруднення з метою розробки рекомендацій щодо збереження та відновлення рівня якості води.

Для реалізації поставленої мети передбачено виконання таких завдань:

1. Оцінити антропогенне навантаження на стан озера Дідорівка;
2. Оцінити рівень забруднення води за мікробіологічним, хімічним та біологічним показниками;
3. На основі отриманих результатів розробити рекомендації щодо відновлення якості водойм для безпечного використання та її збереження.

Об'єктом дослідження є озеро Дідорівка, як типовий представник водних об'єктів, що зазнають значного антропогенного навантаження в умовах міських агломерацій.

Предметом дослідження є ступінь сапробності води озера Дідорівка. Ступінь сапробності визначається комплексом фізико-хімічних, біологічних та мікробіологічних показників.

Для виконання завдань використано комплекс методів:

1. Метод збору даних – забір проб води із застосуванням стандартних протоколів, передбачених методичними вказівками;
2. Фізико-хімічний аналіз – визначення параметрів (рН, ХСК, рівень розчиненого кисню тощо) з використанням методів відповідно до ДСТУ та ISO;
3. Мікробіологічний аналіз – оцінка рівнів ЛКП та E.coli, які є індикаторами фекального забруднення.

Наукова новизна роботи полягає у застосуванні інтегрованого підходу до оцінки сапробності води озера Дідорівка з використанням сучасних методів аналізу. Це дослідження вперше проводить комплексну оцінку антропогенного навантаження на дану водойму, що включає аналіз широко спектру фізико-хімічних, біологічних та мікробіологічних показників. Результати дослідження, отримані під час аналізу екологічного стану озера Дідорівка, мають унікальний характер. Вони можуть бути використані як типова модель для проведення аналогічних оцінок та розробок заходів з відновлення інших водних об'єктів.

Практична значущість проведеного дослідження полягає в можливості безпосередньо застосувати його результати для вирішення актуальних екологічних проблем.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ВО- ДОЙМ

1.1. Стан якості водойм у м. Київ

Територія міста Києва характеризується наявністю великої кількості водних об'єктів, які включають річки, струмки, озера, ставки, затоки та інші водойми. Згідно з даними Екологічного паспорту м. Києва [13], у межах міста розташовано майже 700 водних об'єктів. Вони мають різну площу водного дзеркала (від 0,0025 км² до 1,86 км²) і об'єми (від 0,003 млн м³ до 19,3 млн м³), а також значні варіації у глибинах (від 0,85 м до 28 м) [13]. На території міста налічується 39 водних об'єктів загальнодержавного значення, включаючи такі великі річки, як Дніпро, Либідь, Дарниця, Сирець, Нивка та Віта.

У м. Київ водні ресурси залежать від двох водних басейнів. Мова йде про Дніпровський артезіанський басейн та басейн річки Південний Буг. Значна частина водних об'єктів міста входять до Дніпровського басейну, що є основою питного водопостачання.

Таблиця 1.1.

Основні характеристики водних об'єктів Києва

Параметр	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середнє значення
Площа водного дзеркала (км ²)	0,0025	1,86	0,5
Глибина (м)	0,85	28,0	12,5
Об'єм води (млн м ³)	0,003	19,3	8,5

За генетичною класифікацією водойми Києва поділяються на:

1. Озера заплави Дніпра: Бабине, Тельбин, Вирлиця.
2. Озера-стариці: каскад озер Опечень.
3. Стави на водотоках: на річках Борщагівка, Сирець, Горенка.
4. Безстічні озера: Синє, Центральне, Глинка.

Міське середовище сприяє негативному впливу на усі перелічені вище річки. Це проявляється у забрудненні, порушенні гідрологічного режиму та зниженні біорізноманіття [14].



Рис. 1.1. Географічне розташування основних водойм м. Києва [14]

Дніпро є центральною водною артерією міста, яка характеризується рівнинним типом течії, значною шириною долини (до 18 км) та площі запливи (до 12 км). Забруднення цієї річки є ключовою екологічною проблемою, яка впливає на всі інші водні ресурси Києва [13].

Річка Либідь – найбільш відома мала річка, довжина якої становить 16 км, але значна частина її перебуває у колекторі. Це суттєво ускладнює підтримання її екологічного стану.

Річка Дарниця – найбільша річка лівобережної частини Києва з довжиною 21,1 км та площею водозбору 133 км². Її основною проблемою є забруднення стічними водами промислових підприємств.

Просяжність річки Сирець становить 12,3 км та Нивки 19,7 км. На водойми є інтенсивний антропогенний тиск, це в свою чергу викликає евтрофікацію та пригнічення біорізноманіття.

Основними причинами погіршення якості води є:

1. Побутові стоки. Значна частина міських стічних вод потрапляє у водойми без належного очищення.
2. Промислове забруднення. Підприємства, розташовані вздовж річок, є джерелами токсичних речовин.
3. Урбанізація. Через інтенсивне будівництво та знищення природних зон розташованих поблизу водойм екологічний стан порушується.
4. Евтрофікація. Надлишок біогенних елементів спричиняє розростання водоростей, що знижує якість води.

Таблиця 1.2.

Основні джерела забруднення водойм Києва

Джерело забруднення	Тип забруднень	Вплив на екологічний стан
Побутові стоки	Органічні речовини, фосфати	Евтрофікація, зниження кисню
Промислові підприємства	Тяжкі метали, токсини	Накопичення токсичних речовин
Урбанізація	Змив ґрунту, будівельні матеріали	Замулення, зміна гідрорежиму
Агрохімічні забруднення	Нітрати, пестициди	Евтрофікація, токсичний вплив

Сьогодні рівень забруднення водойм Києва оцінюється за багатьма показниками: у більшості водойм перевищений вміст азоту, фосфатів та інших забрудників. Наприклад, за даними центральної геофізичної обсерваторії [15], середнє значення БСК у водоймах Києва в 2021 році перевищило норму в 1,5-2 рази.

Водойми Києва (річки, озера, ставки та водосховища) зазнають постійного впливу промислового, побутового, сільськогосподарського та комунального забруднення. Основними джерелами є стічні води промислових підприємств, поверхневі зливові води міста та забруднення з територій сільськогосподарського призначення.

Згідно з *Екологічним паспортом м. Києва* [14], ключовими забруднюючими речовинами у водоймах міста є:

- важкі метали (ртуть, свинець, кадмій, мідь, цинк, хром);
- органічні забруднювачі (нафтопродукти, феноли, синтетичні поверхнево активні речовини);
- біогенні елементи (азотні та фосфорні сполуки);
- токсичні сполуки (пестициди, хлорорганічні сполуки, мінеральні добрива).

Таблиця 1.3.

Основні забруднювачі води у водоймах Києва та їх вплив на екосистему

Забруднювач	Джерело забруднення	Наслідки
Важкі метали	Металургійні підприємства, зливові стоки	Токсичний вплив на водні організми, накопичення в донних відкладеннях
Нафтопродукти	Стік з автотранспорту, витоки нафтобаз	Обмеження доступу кисню, утворення плівки на поверхні води
Азотні та фосфорні сполуки	Агрохімікати, побутові стоки	Евтрофікація, розвиток ціанобактерій
Синтетичні поверхнево активні речовини (СПАР)	Побутові та промислові стоки	Руйнування мембран водних організмів, токсичність
Пестициди	Сільське господарство	Накопичення в біоресурсах, тривалий токсичний ефект

У дослідженнях, проведених у рамках Доповіді про стан навколишнього середовища міста Києва (2021) [7], зафіксовано, що рівень біохімічного споживання кисню (БСК) у більшості водойм перевищує гранично допустимі значення на 50-80%. Наприклад, середній рівень БСК у водоймах міста становив 5,6 мг О₂/дм³, що значно перевищує норму у 3 мг О₂/дм³.

Основними джерелами забруднення поверхневих водойм Києва є:

1. Промислові стоки – включають важкі метали, хімічні реагенти та інші токсичні речовини, які потрапляють у водойми без належного очищення [11].
2. Зливові води – містять частинки ґрунту, залишки нафтопродуктів, хімічні сполуки з дорожнього покриття.
3. Побутові стоки – забруднені азотними та фосфорними сполуками, фенолами, СПАР [16].
4. Сільськогосподарські стоки – основні джерела біогенних елементів, які сприяють евтрофікації водойм.

Присутність токсичних речовин, таких як пестициди та гербіциди, у воді становить довгострокову загрозу для водних екосистем. Наприклад, ДДТ та інші хлорорганічні пестициди, які були заборонені десятки років тому, все ще виявляються у донних відкладах річок Києва [4, с.193].

Евтрофікація водойм сприяє розвитку ціанобактерій - *Microcystis aeruginosa*. Вони викликають «цвітіння» води, що спостерігається у літку. Висока температура активує зростання водоростей. У результаті спостерігається поглинання кисню, масовий мор риби та зниження прозорості води [13].

Таблиця 1.4.

Основні показники евтрофікації водойм Києва (2022 р.)

Показник	Норма	Середнє значення у водоймах Києва
Концентрація фосфатів (мг/дм ³)	0,35	1,2
Концентрація нітратів (мг/дм ³)	9,1	15,5
Концентрація амонію (мг/дм ³)	0,39	2,8

За даними *Екологічного паспорту м. Києва* [14], концентрація біогенних елементів у воді в кілька разів перевищує допустимі межі, що є основною причиною інтенсивного розвитку ціанобактерій.

Отже, основні джерела забруднення що потрапляють у водойми є промислові та побутові стоки, опади й агрохімікати. Це призводить до підвищення

концентрації біогенних елементів, фенолів та інших токсичних речовин. Найбільше страждають від забруднення малі річки: Либідь, Дарниця та Сирець, їхня природна здатність до самоочищення пригнічується через значний тиск антропогенного навантаження.

1.2. Сапробність водойм

Сапробність (від грец. *sapros* – «гниючий») є показником екологічного стану водойм, що характеризує рівень їх забруднення органічними речовинами та продуктами їхнього розпаду. Вона відображає взаємодію між хімічними складовими води та живими організмами, які пристосовані до певних умов існування залежно від рівня органічного забруднення. Цей принцип став основою санітарно-біологічного аналізу якості води [3, с.192].

Різні види водних організмів мають неоднакову чутливість до концентрації органічних речовин у воді. Відповідно, водойми можна поділити на кілька класів за ступенем забруднення. Для кожного класу характерні специфічні угруповання організмів, що дозволяє проводити оцінку сапробності на основі індикаторних видів флори та фауни [24].

Принцип сапробності ґрунтується на розподілі водойм залежно від їхнього органічного забруднення. За системою Кольвітца-Марсона (1908–1909 рр.) виділяють такі основні категорії сапробності:

1. Катаборна – вода питної якості, практично без органічних забруднень.
2. Лімносაпробна – вода із незначним вмістом органічних речовин (нормативне забруднення).
3. Еусапробна – вода, що містить значну кількість органічних речовин, які піддаються бактеріальному розкладу (господарсько-побутові та промислові стоки).
4. Транссапробна – вода з високим вмістом органіки, яка не піддається біологічному розкладу (промислові відходи, токсичні речовини) [28, с.72].

Основи біологічного аналізу вод були закладені у ХІХ столітті працями А. Мюллера та Ф. Кона. У 1908 році Кольвітц і Марсон вперше опублікували список сапробних організмів, які дозволяють оцінювати забрудненість води. Система сапробності спочатку була орієнтована на прісні води, забруднені господарсько-побутовими стоками [17].

Пізніше, у 1926 році, Долгов запропонував аналізувати не лише окремі види організмів, а їхні угруповання, що дозволило скоротити список індикаторних видів до 103. У 1965 році чеський дослідник Сладечек додатково розширив систему, підвищивши її чутливість шляхом виділення підгруп індикаторних організмів залежно від фізіологічних змін під впливом забруднення [9].

Оцінка сапробності вод проводиться за допомогою показників:

- Сапробний індекс – інтегральний показник, що відображає рівень органічного забруднення.
- Сапробні організми – індикаторні види, які мають певну толерантність до органічного забруднення (бактерії, водорості, макрозообентос) [25].

Моніторинг води можна контролювати за допомогою методів сапробності води. Із визначенням сапробного індексу є можливість оцінити ступінь органічного забруднення водойм. Використовуючи такий метод моніторингу, проконтролювати негативний вплив на водну екосистему стає простіше [11].

Таблиця 1.5.

Основні категорії сапробності водойм за рівнем забруднення

Категорія сапробності	Вміст органічних речовин	Приклад середовища	Індикаторні організми
Катаборна	Мінімальний (чиста вода)	Питні водойми	Діатомові водорості
Лімносაпробна	Нормативний	Річки зі слабким забрудненням	Зелені водорості, інфузорії
Еусапробна	Високий	Господарсько-побутові стоки	Амеби, бактерії, сіньо-зелені водорості
Транссапробна	Максимальний (токсична вода)	Промислові стічні води	Анаеробні бактерії

Отож, метод визначення сапробності (розроблений на основі робіт Кольвітца та Марсона) дозволяє спостерігати рівень забруднення води органічними речовинами. Для екологічного моніторингу суттєвий показник екологічного стану водойм. Вона дозволяє класифікувати водойми за ступенем забруднення та визначати домінуючі угруповання організмів у кожному класі води.

Виділяють чотири категорії водних середовищ. Це катаборна, лімносაპробна, еусапробна та транссапробна. Ці категорії допомагають чітко розділити типи води за рівнем органічного забруднення. Для оцінки якості води використовують сапробний індекс та індикаторні організми. Це надійні підходи, їхня перевага є в тому, що вони враховують не тільки хімічні властивості води. Вони також показують, як забруднення впливає на живі організми.

1. Практичне застосування методики сапробності дозволяє:
 - Виявляти джерела забруднення.
 - Контролювати стан водних ресурсів.
 - Розробляти заходи для відновлення екосистеми водойм.

1.3. Індикатори сапробності

Система сапробності є єдиним законодавчо врегульованим способом біоіндикації, що застосовується в екологічному моніторингу для оцінки якості водних екосистем. Отже, сапробність – це сукупність фізіолого-хімічних якостей водних організмів (гідробіонтів), які визначають їхню здатність існувати у воді з певним рівнем розчинених нестійких органічних сполук. І водні організми, котрі здатні існувати у таких умовах, називаються сапробіонтами і виступають індикаторами рівня органічного забруднення водойм.

Сапробіонти поділяються на три головні групи відповідно до рівня органічного забруднення, який вони здатні витримувати:

Полісапроби – організми, які населяють сильно забруднені органічними речовинами водойми, де майже відсутній розчинений кисень. У таких умовах

переважають анаеробні процеси, що сприяють відновлювальним біохімічним реакціям.

Мезосапроби – організми, що перебувають у воді з невеликою кількістю кисню, де відбувається баланс між такими процесами як відновлювання і окиснення [22].

Олігосапроби – мешканці чистих, насичених киснем водойм з мінімальною кількістю розчинених органічних речовин, де переважають окислювальні процеси [22].

За допомогою методів сапробності, проаналізувавши наявність та кількість представників цих груп у водоймах можна визначати якість води. Суцільну оцінку рівня органічного забруднення водних об'єктів можливо отримати завдяки цьому методу і вчасно виявити критичні зміни в їх екологічному стані [22].

Біологічні методи оцінки якості води широко використовуються для визначення міри її сапробності, тобто забрудненості органічними речовинами. Серед таких методів виділяють індекси, засновані на кількісних і якісних показниках водних організмів, котрі пристосувалися до різних рівнів органічного забруднення [22].

1. Індекс сапробності, модифікований Сладечком, є одним із найпоширеніших у гідробіології і використовується в Гідрометслужбі України. Його розрахунок базується на співвідношенні загальної чисельності (позначається h) різних видів гідробіонтів із сапробністю кожного виду (K), визначеною за спеціальною 4-бальною шкалою, яка відображає їхню здатність витримувати різні рівні органічного забруднення [4].

Формула індексу сапробності:

$$\text{Ind S} = \sum(\text{Sh}) / \sum h, \quad (1.1.)$$

де:

h – чисельність кожного виду за 9-бальною шкалою,

K – сапробність кожного виду за 4-бальною шкалою, яка визначається у спеціальних довідниках

До індикаторних видів можуть входити як представники бентоса, так і планктону. Вони допомагають визначити якість води, оскільки різні види реагують на рівень органічних речовин по-різному [24].

2. Індекс Гуднайта-Уітлея. Цей індекс використовують для оцінки забруднення вод на основі чисельності малоцетинкових черв'яків (олігохет) у макробентосі. Він розраховується як відношення кількості олігохет до загальної чисельності всього макробентосу, виражене у відсотках. Чим більша частка олігохет, тим сильніше забруднена вода органічними речовинами. Проте цей метод задовільно працює тільки на м'яких ґрунтах, таких як мул і пісок, оскільки олігохети можуть жити тільки в таких умовах [28, с.68].

3. Метод Вудівісса (1977) базується на зменшенні різноманітності донних організмів в умовах забруднення. У методі використовується таблиця за якою можна оцінити кількість і різноманітність організмів. Чим менше груп організмів виявлено у воді, тим вищий рівень її забруднення. За індексом Вудівісса, вода класифікується за шкалою від 0 (найбільш забруднена) до 10 (висока якість води) [15].

Таблиця 1.6.

Обчислення індексу Вудівісса

Група організмів	0–1 група	2–5 груп	6–10 груп	11–15 груп	>15 груп
Веснянки	7	8	9	10	-
Поденки	6	7	8	9	-
Ручайники	5	6	7	8	-
Бокоплав	4	5	6	7	-
Водяний ослик	3	4	5	6	-
Трубочник або мотиль	2	3	4	-	-
Види з повітряним диханням	1	2	-	-	-

Таблиця 1.6. допомагає швидко оцінити рівень забруднення річки на основі кількості виявлених видів організмів.

4. Метод Ніколаєва є спрощеним підходом до оцінки сапробності води, орієнтованим на якісний збір даних. Він базується на класифікації якості води за шістьма класами, що приблизно відповідають традиційним ступеням сапробності:

1. Дуже чиста (ксеносапробна),
2. Чиста (олігосапробна),
3. Помірно забруднена (b-мезосапробна),
4. Забруднена (a-мезосапробна),
5. Брудна (b-полісапробна),
6. Дуже брудна (a-полісапробна).

Таблиця 1.7.

Визначення класів якості води за методом Ніколаєва

Таксони	1 (дуже чиста)	2 (чиста)	3 (помірно забруднена)	4 (забруднена)	5 (брудна)
Ручайник <i>Rhyacophila</i>	*				
Веснянки, окрім <i>Nemoura</i>	*	*			
Личинка мухи <i>Atherix</i>	*	*			
Бокоплави <i>Gammarus</i>	*	*	*		
Губки	*				
Зяброві равлики		*		*	
Трубочник (<i>Tubificidae</i>)				*	*
Мотиль (<i>Chironomus</i>)				*	*

Підхід Ніколаєва бере до уваги кількість окремих видових груп організмів та їхню вразливість до забруднення. Він ефективний при для середньому й значному забрудненні, але гірше реагує на незначні забруднення.

В системі сапробності використовують коефіцієнти індивідуальні до різних типів представників гідробіотів. Вони які переважно включають план-

ктонні та бентосні організми. Для кожного поширеного виду притаманний певний коефіцієнт сапробності, який передбачає його здатність переносити забруднення органічними речовинами. Такі коефіцієнти використовуються для обчислення індексу сапробності водойми, що дозволить оцінити ступінь її забруднення органічними сполуками.

Формула розрахунку індексу сапробності за методом Пантле-Бука [28]:

$$S = \sum_{i=1}^n (S_i \cdot h_i) / \sum_{i=1}^n h_i \quad (1.2.)$$

де S – індекс сапробності; S_i – показник сапробності індикаторного виду гідробіонту; h_i – відносна представленість виду в біоценозі; n – число індикаторних видів.

Індекс сапробності, розрахований за цією формулою, дозволяє отримати узагальнене значення, яке вказує на рівень органічного забруднення води.

Система сапробності часто позиціонується як метод, що має інтегральний характер і здатний виявляти загальний рівень забруднення води. Її перевагами є можливість визначати якість води без потреби у складних хімічних аналізах, що значно знижує витрати порівняно з інструментальними хіміко-аналітичними методами. У науковій та популярній літературі метод сапробності іноді подається як дешевий і зручний спосіб оцінки якості води в умовах, коли використання хімічного аналізу є ускладненим або непрактичним [4].

Однак, слід зазначити, що метод сапробності, розроблений німецькими біологами Р. Кольквицем і М. Марсоном ще в 1902 році, виник як відповідь на технічну обмеженість аналітичної хімії того часу. У період інтенсивного промислового розвитку Німеччини метод біоіндикації став вимушеним рішенням через неможливість точно визначити компоненти забруднення та його інтенсивність. Сучасні фізико-хімічні методи дозволяють виявляти забруднювачі навіть у мінімальних концентраціях, що значно підвищує точність аналізу [4].

Індекс сапробності розраховується за формулою, що враховує сапробні коефіцієнти видів індикаторів та їхню чисельність у біоценозі. Це показує рівень органічного забруднення водойми, дозволяючи швидко оцінити її екологічне становище. Метод Пантле-Бука та інші біоіндикаторні методи, (наприклад, індекси Сладечека, Гуднайта-Уітлея, Вудівісса та Ніколаєва) забезпечують комплексну оцінку водойм, особливо при сильному органічному забрудненні. Проте, ці методи мають обмеження, оскільки залежать від типу субстрату та розмаїтності фауни, що може впливати на точність наслідків.

Тепер фізико-хімічні методи аналізу можуть влучно визначати навіть незначні концентрації забруднювачів, забезпечуючи більш докладну інформацію про якість води.

Отже, методи біоіндикації, як-от система сапробності, лишаються корисними для загального екологічного моніторингу, проте вони не здатні цілком замінити сучасні фізико-хімічні методи через обмежену точність та залежність від певних умов середовища.

Аналіз теоретичних досліджень якості водойм підтверджує: водні ресурси Києва (озера, річки) критично забруднені. Урбанізація, зростання населення, промислове та сільськогосподарське освоєння провокують погіршення екології. Безконтрольні скиди стоків, змиви з забруднених територій та брак ефективного відновлення спричиняють високе органічне та мікробіологічне забруднення. Це робить водойми непридатними для рекреаційних цілей і ризикованим для здоров'я людей.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Опис місця та умов проведення дослідження

Озеро Дідорівка, розташоване в ННП «Голосіївський» у Голосіївському лісі. Водний об'єкт поєднує екологічну, рекреаційну та історичну цінність. Біля озера з двох сторін можна бачити альтанки та кафе, що говорить про наявність антропогенного впливу на частину цієї екосистеми.

Завдяки зручному географічному розташуванню, Дідорівка є доступною для жителів Києва і також важливим складником природного ландшафту мегаполісу. Це сприяє привабленню великої кількості поціновувачів відпочинку на природі. Взимку озеро повністю замерзає, змінюючи свою функціональність, але залишаючись об'єктом природної цікавості.

На рисунку 2.1 зображено географічне розташування озера Дідорівка, що ілюструє його важливість як природного об'єкта в межах міської екосистеми Києва. Як видно з рисунка, водойма розташована в лісовій зоні, однак її близькість до урбанізованих територій зумовлює високий ступінь впливу людської діяльності.



Рис. 2.1. Географічне розташування озера Дідорівка

Озеро завжди було популярним місцем відпочинку для міщан. Водойму використовують для рекреаційних цілей, не звертаючи увагу на знак про заборону купання, це призводить до змін у водному балансі та якості води. Фізико-географічні умови місцевості також є важливим фактором для розуміння стану озера. Дідорівка знаходиться в зоні помірного клімату, який характеризується теплим літом і помірно холодною зимою. Навколишній ландшафт переважно складається з лісів і луків, які слугують природним бар'єром від забруднювачів.

Побутові стоки, що потрапляють у водойму, є одним із головних джерел забруднення. Незважаючи на існування систем очищення, у багатьох випадках вони виявляються недостатньо ефективними, через що у водойму потрапляють сполуки азоту, фосфору та інші біогенні елементи. Ці речовини викликають процеси евтрофікації, що сприяє активному розвитку водоростей та погіршенню якості води. Як зазначають А.Д. Задніпрянець та інші дослідники, значне зростання концентрації поживних речовин у водоймах часто пов'язане із недостатньо контрольованими побутовими стоками [10, с. 17].

Сільськогосподарські фактори також мають значний вплив на екологічний стан водойми. Використання мінеральних добрив та пестицидів у прилеглих до озера зонах призводить до їх змивання з поверхневими водами під час дощів та танення снігу. Це сприяє хімічному забрудненню водойми, зокрема підвищенню концентрації нітратів та нітритів, що створює додаткове навантаження на водну екосистему. Висновки, наведені в роботах В. Г. Клименка та Л. І. Фролової, демонструють, що сучасні агротехнології, за відсутності належного контролю, стають одним із ключових факторів деградації водойм [20, с. 58].

Сезонні зміни також відіграють значну роль у формуванні стану озера. У весняний період спостерігається активне надходження талих вод, які часто містять накопичені за зиму забруднювачі, включаючи солі, нафтопродукти та залишки пестицидів. Влітку підвищується температура води, що сприяє зни-

женню концентрації розчиненого кисню, особливо в умовах високого рівня органічного забруднення. Як зауважує А.В. Томільцева, сезонні коливання кліматичних умов значно впливають на фізико-хімічні показники води, зокрема її прозорість та рівень кисню [17, с. 113].

Отже, до визначальних чинників, що детермінують екологічний стан озера Дідорівка, належать антропогенні джерела контамінації, зокрема комунально-побутові та промислові стічні води, а агропромислові стоки. Додатковими обтяжуючими факторами виступають природні та сезонні особливості, які сприяють акумуляції забруднювальних речовин і призводять до послаблення екологічної резистенції водного об'єкту. З метою результативного управління якістю води в озері є необхідність у комплексному обліку взаємодії зазначених факторів та імплементації системних заходів, спрямованих на їхню мінімізацію.

Екологічний стан водних об'єктів формується під дією різноманітних, тісно пов'язаних між собою факторів. Ключовими джерелами забруднення виступають, насамперед, комунальні стоки, які потрапляють у водойми внаслідок не завжди ефективного очищення поверхневого водозбору. Не менш значущими є промислові викиди та аграрні стоки з навколишніх сільськогосподарських угідь. Окрім того, сезонні коливання, такі як зростання рекреаційного навантаження в теплий період року та весняне танення снігу, що супроводжується зливом значної кількості агрохімікатів з плодово-овочевого саду, який розташований поблизу озера Дідорівка.

Озеро виконує важливу екологічну роль – підтримує біорізноманіття, регулює мікроклімат, очищує поверхневі води. Та погіршення якості води призведе до дисфункціонування та серйозних екологічних наслідків (зменшення популяцій водних організмів, накопичення токсичних речовин у ланцюгах живлення та втрата рекреаційної привабливості водойми). Тому рекомендовано проводити регулярний моніторинг екологічного стану водойми та впровадити заходи для її збереження.

2.2. Методика відбору проб та визначення показників

Для екологічної оцінки стану озера Дідорівка обов'язковим етапом був відбір проб води, який здійснювався у вересні 2024 року. Застосовувались стандартні методики, які забезпечують точність отриманих результатів.

Відбір проб води здійснювався відповідно до ДСТУ ISO 5667 «Якість води. Відбирання проб» та Постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку перевірки, взяття проб води та проведення їх аналізу».

Проби відбирались в двох точках озера: на вході до озера та на протилежній частині. Таким чином можна врахувати просторову змінність фізико-хімічних і біологічних характеристик води.

Для забору проб використовувались стерильні пляшки зі скла об'ємом 1 літр, а також поліетиленові пробовідбірники для фізико-хімічних аналізів. Обладнання було попередньо підготовлено: скляні ємності автоклавовані, поліетиленові - ретельно промиті дистильованою водою. Проби забиралися з глибини 20-30 см для уникнення впливу поверхневих забруднень (нафтопродукти, плаваючі відходи). Транспортування проб здійснювалося в охолодженому стані (температура 4–6°C) у спеціальних холодильних контейнерах протягом 6 годин після забору, що забезпечувало мінімальні зміни їх хімічного складу. Час доставки до лабораторії УкрХімАналіз не перевищував регламентованого періоду, встановленого методичними рекомендаціями [19, с. 47].

Дослідження проб води проводилося відповідно до чинних нормативних документів, таких як ДСТУ, ISO, СОУ, та методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Аналіз показників був розподілений на три основні групи: фізичні, хімічні та біологічні.

Список досліджуваних показників включав: колір, запах, прозорість, рН, концентрацію хлоридів, сульфатів, нітратів, розчиненого кисню, завислих речовин, поліфосфатів, важких металів (заліза, марганцю, ртуті, свинцю тощо). Для кожного показника використовувалась стандартизована методика виконання (таблиця 2.1). Дані нормативні значення та методики визначення показ-

ників якості води розглядаються в контексті забезпечення стандартів для питного призначення. Таблиця включає значення для показників, які регулюються у вказаних документах.

Таблиця 2.1.

Показники якості води та методики їх визначення для питного призначення

№	Найменування показника	Одиниці виміру	Нормативне значення показника для питних цілей*		Оптимальне значення для природної екосистеми**	Оптимальне значення для рибного господарства***
			Нормативне значення	Методика виконання		
1	Колір	градуси Pt-Co шкали	< 20	ДСТУ 7525:2014	-	<50
2	Запах (при 20°C)	бали	≤ 2- ≤ 0 (2)- 3	ДСан-ПіН 2.2.4-171-10.	-	-
3	Каламутність	мг/дм ³	≤ 0,58 (2,03)	ДСан-ПіН 2.2.4-171-10.	-	-
4	Забарвленість	мг/дм ³	≤ 20 (35)	ДСан-ПіН 2.2.4-171-10.	-	≤ 45
5	pH (водневий показник)	Одиниці pH	6,5-8,5	ДСТУ 7525:2014	6,9-7,0 7,1-7,5	6,5-8,5
6	Гідрокарбонати (НСО ₃ ⁻)	ммоль/дм ³	Не нормується	ДСан-ПіН 2.2.4-171-10.	-	300-400
7	Загальна жорсткість	ммоль/дм ³	1,5 - 7,0	ДСан-ПіН 2.2.4-171-10.	-	5-7
8	Загальна лужність	ммоль/дм ³	0,5 - 6,5	ДСТУ ISO 9963-1:2007	-	-
9	Хлориди	мг/дм ³	≤ 250	ДСан-ПіН	≤ 20	50-70

				2.2.4-171-10		
10	Сульфати	мг/дм ³	≤ 250	ДСан-ПіН 2.2.4-171-10	≤ 50	200
11	Розчинений кисень	мгО ₂ /дм ³	≥ 6	ДСан-ПіН 2.2.4-171-10	< 8,0	≥ 5,0
12	Нітрати (за NO ₃ ⁻)	мгNO ₃ ⁻ /дм ³	≤ 50	ДСан-ПіН 2.2.4-171-10	0,2 (мгN/дм ³)	≤ 2,0
13	Нітрити (за NO ₂ ⁻)	мгNO ₂ ⁻ /дм ³	≤ 0.5	ДСан-ПіН 2.2.4-171-10	0,002 (мгN/дм ³)	0,1
14	Азот амонійний	мг NH ₄ ⁺ /дм ³	≤ 0.5	ДСан-ПіН 2.2.4-171-10	<10 (мгN/дм ³)	1,0
15	Натрій	мг/дм ³	≤ 200	ДСТУ 4808:2007	-	50
16	Калій	мг/дм ³	2-20	ДСТУ 4808:2007	-	50
17	Залізо	мг/дм ³	≤ 0.3	ДСан-ПіН 2.2.4-171-10	< 50	1,0
18	Кальцій	мг/дм ³	25-75	ДСТУ 4808:2007	-	50-70
19	Кадмій	мг/дм ³	≤ 0.005	Залізо	< 0,1	-
20	Марганець	мг/дм ³	≤ 0.1	ДСан-ПіН 2.2.4-171-10.	< 10	-
21	Фторид-іон	мг/дм ³	0.7-1.2	ДСан-ПіН 2.2.4-171-10.	< 100	-
22	Магній	мг/дм ³	10-50	ДСТУ 7525:2014	-	30
23	Свинець	мг/дм ³	≤ 0.01	ДСТУ 4808:2007	< 2	-

24	Сухий залишок	мг/дм ³	200-500	ДСТУ 7525:2014	-	-
----	---------------	--------------------	---------	----------------	---	---

*ДСанПіН 2.2.4–171–10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Київ: МОЗ України; ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання.

**Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В. Д. Романенко, В. М. Жукинський, О. П. Оксіюк та ін. Київ : СИМВОЛ–Т, 1998. 28 с.; За оптимальне значення у таблицю вносили І клас якості за І категорією якості.

***Для водойм рибогосподарського призначення - СОУ 05.01–37–385:2006 Вода рибогосподарських підприємств. Загальні вимоги та норми. [Чинний від 2007–11–01]. Київ. 2006. 15 с.

Фізичні показники. Колір, запах і прозорість є першочерговими індикаторами загального стану води. Відповідно до методичних рекомендацій [20, с. 33], аналіз цих показників дозволяє швидко оцінити наявність органічних і неорганічних забруднювачів.

Хімічні показники. До цієї групи віднесено:

- рН (водневий показник) — характеризує кислотність чи лужність середовища. Нормативне значення становить 6.5–8.5. Відхилення може свідчити про хімічне чи біологічне забруднення [19, с. 50].

- Концентрація хлоридів та сульфатів — показує рівень мінералізації води.

- Розчинений кисень — ключовий показник, що визначає придатність води для життя водних організмів.

- Поліфосфати, нітрати, нітроти — індикатори біогенного забруднення, пов'язаного із сільським господарством і побутовими стоками.

Біологічні показники. Дослідження наявності організмів-індикаторів, таких як синьо-зелені водорості та інфузорії, дозволяє оцінити ступінь сапробності води. Висока концентрація цих організмів є ознакою органічного забруднення [10, с. 22].

Таким чином, методика відбору проб води та аналізу їх показників передбачає суворе дотримання нормативних документів, що забезпечує достовір-

рність отриманих результатів. Використання сучасного обладнання та валідованих методик дозволяє зробити висновки щодо стану води озера Дідорівка та визначити необхідні заходи для його покращення.

2.3. Показники якості води та методи оцінки сапробності

Оцінка якості води є основою завдань гідроекологічних досліджень, для сприйняття екологічного стану водойми та шляхів його покращення. Показники якості води озера Дідорівка були поділені на три основні групи: фізичні, хімічні та біологічні. Кожна група показників показує окремі аспекти стану водойми та дає змогу для комплексно оцінювання рівня її забруднення.

Нижче наведена характеристика показників якості води, які є важливим при оцінюванні водойми. Оптимальні значення для водної екосистеми брали з таблиці 2.1.

Фізичні показники якості води включають такі параметри, як колір, запах, прозорість і вміст завислих речовин.

– Колір води є індикатором наявності органічних і неорганічних домішок. Хоча цей показник не має нормативних обмежень, його зміна може свідчити про надходження у водойму гумінових кислот, залізистих сполук чи продуктів розкладу органіки [28, с. 15].

– Запах оцінюється за шкалою балів при температурі 20°C. Згідно з нормативами, значення цього показника не повинно перевищувати 1 бал. Підвищення інтенсивності запаху свідчить про процеси органічного забруднення, наприклад, надходження побутових або сільськогосподарських стоків [20, с. 22].

– Прозорість є показником вмісту завислих речовин у воді. Зниження прозорості свідчить про перевищення вмісту органічних часток, що можуть надходити від ерозії берегів чи поверхневого стоку.

– Завислі речовини є важливим параметром, оскільки вони впливають на процеси осадкоутворення і транспортування забруднювачів у водній товщі. Їхнє перевищення нормативного значення ($+0.75 \text{ мг/дм}^3$ до фонового) свідчить про антропогенний вплив [23, с. 91].

Хімічні показники відображають рівень хімічного забруднення водойми. До них належать рН, концентрація хлоридів, сульфатів, нітратів, розчиненого кисню та поліфосфатів. Нижче наводимо коротку характеристику оптимальних значень показників для водної екосистеми [36]

– рН (водневий показник) характеризує кислотність чи лужність водного середовища. Нормативні значення становлять 6.5–8.5. Відхилення від цього діапазону може свідчити про хімічне забруднення або аномальні біологічні процеси (наприклад, цвітіння водоростей) [22, с. 132].

– Концентрація хлоридів ($\leq 20 \text{ мг/дм}^3$) і сульфатів ($\leq 50 \text{ мг/дм}^3$) є маркерами мінералізації води. Перевищення цих показників може бути наслідком побутового чи промислового забруднення [20, с. 39].

– Розчинений кисень ($< 8,0 \text{ мг/дм}^3$) є критичним для підтримання життя водних організмів. Його дефіцит може свідчити про евтрофікацію, викликану надходженням біогенних елементів [28, с. 78].

– Нітрати ($0,2 \text{ мгN/дм}^3$) і нітрити ($\leq 0,002 \text{ мгN/дм}^3$) відображають рівень біогенного забруднення. Підвищення їх концентрації є наслідком сільськогосподарської діяльності або недостатньо очищених стоків [23, с. 109].

Вище перераховані нормативні значення стосуються загальної екологічної оцінки якості води. При порівнянні фактичних концентрацій якості води варто враховувати нормативні значення цих концентрацій для кожного виду водокористування. Оскільки важливо розуміти з якою метою проводиться оцінювання якості води (водойми).

Таблиця 2.2.

Нормативи показників якості води для різних видів водокористування

Назва показника	Одиниці вимірювання	Нормативні значення					
		Для рибогосподарських цілей		Рекреації		Господарсько-побутових цілей	
		значення	література	значення	література	значення	література
pH	-	6.5–8.5	СОУ 05.01-37-385:2006 Вода рибогосподарських підприємств. Загальні вимоги та норми	6.5–9.0	Гігієнічні нормативи якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення. Затверджено наказом МОЗ України від 02.05.2022 р. № 721	6.5–8.5	Гігієнічні нормативи якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення. Затверджено наказом МОЗ України від 02.05.2022 р. № 721
Розчинений кисень	мгО ₂ /дм ³	≥6		≥4		≥4	
ХСК	мгО ₂ /дм ³	≤30		≤50		≤20	
Азот нітратний	мгN/дм ³	≤2		≤10		≤45	
Азот нітритний	мгN/дм ³	≤0.02		≤0.05		≤3.3	
Азот амонійний	мгN/дм ³	≤0.1		≤0.5		≤2.0	
Фосфати	мгP/дм ³	≤0.5		≤1.0		≤3.5	
Гідрокарбонати	ммоль/дм ³	Не нормується		Не нормується		Не нормується	
Хлориди	мг/дм ³	≤300		≤350		≤350	
Сульфати	мг/дм ³	≤100		≤250		≤500	
Кадмій	мг/дм ³	≤0.005		≤0.01		≤0.001	
Залізо	мг/дм ³	≤0.3		≤0.3		≤0.3	
Мідь	мг/дм ³	≤0.01		≤0.03		≤1.0	
Свинець	мг/дм ³	≤0.01		≤0.03		≤0.03	
ЛПК	КУО/дм ³	≤100		≤500		≤1000	
<i>E-Coli</i>	КУО/дм ³	≤10		≤50		≤500	

Для кожного виду водокористування є відповідні нормативні значення. Наприклад оптимальними значеннями (нормативами) для рибогосподарських цілей, зокрема для категорії риб коропів, будуть наступні значення: гідрокарбонати 300,00-400,00 мг/дм³, хлориди та сульфати – 50,00-70,00 мг/дм³, азот амонійний – ≤1,0 мгN/дм³, азот нітратний – ≤2,0 мгN/дм³, азот нітритний – ≤0,1 мгN/дм³, фосфати – ≤0.5 мгP/дм³ [30-31].

Біологічні показники оцінюють стан екосистеми водойми за допомогою аналізування організмів-індикаторів і біоти в загальному.

Сапробні індикатори. Сапробність визначається кількістю і складом мікроорганізмів, таких як інфузорії, діатомові водорості та синьо-зелені водорості. Збільшення кількості цих організмів є ознакою високого рівня органічного забруднення.

Комплексний підхід, що включає використання кількох методик, забезпечує найповнішу оцінку сапробності. Як підкреслює С.М. Юрасов, інтеграція даних різних біологічних індексів дозволяє не лише оцінити поточний стан водойми, але й визначити головні фактори, що спричиняють деградацію екосистеми [28, с. 83].

Тому, з комплексним підходом до оцінки якості води, що містить аналіз фізичних, хімічних та біологічних показників, дає змогу отримати об'єктивну інформацію про екологічний стан озера Дідорівка. Методологія оцінки сапробності забезпечує всебічне розуміння біологічних процесів у водоймі, що є підґрунтям для розробки заходів задля її відновлення та охорони.

Другий розділ праці був присвячений опису методології проведення досліджень, які дозволяють всебічно оцінити екологічний стан озера Дідорівка. Виконаний аналіз підтвердив необхідність інтегрованого підходу до вивчення водойм, що включає планування й виконання відбору проб, систематизацію досліджуваних показників якості води, а також застосування сучасних методів оцінювання сапробності.

1. Планування та відбирання зразків. Відбирання зразків у двох місцях озера (вхід, та вихід водойми) забезпечило репрезентативність даних та можливість врахування просторових змін у параметрах якості води. Вибір обладнання для забору проб (пластикові стерильні пляшки) та транспортування їх у охолодженому стані дозволив уникнути змін хімічного складу води до моменту лабораторного аналізу. Дотримання стандартів та нормативів гарантувало достовірність отриманих результатів.

2. Методики аналізу. Розподіл показників якості води на фізичні, хімічні та біологічні дозволив всебічно дослідити екологічний стан водойми. Зокрема:

– Фізичні показники (колір, запах, прозорість) забезпечують оперативну оцінку загального стану води та вказують на наявність органічних і неорганічних забруднень.

– Хімічні показники (рН, хлориди, сульфати, нітрати, розчинений кисень) дають змогу визначити рівень мінералізації, наявність біогенних елементів та кисневий режим води.

– Біологічні показники, зокрема наявність сапробних організмів, є підґрунтям для оцінки ступеня органічного забруднення водойми.

3. Інтеграція даних та значення дослідження. Використання різних груп показників та методик дозволило отримати багатовимірну картину стану водойми. Сучасні методи оцінки сапробності, як було підтверджено в роботах С. М. Юрасова та В. Б. Мокіна, дають можливість не лише оцінити поточний стан води, але й прогнозувати його динаміку в умовах збереження або збільшення антропогенного навантаження [22, с. 132; 28, с. 83]. Це створює надійну основу для розробки ефективних заходів з відновлення екологічної стабільності озера.

4. Практичне значення. Результати даних та використані методики можуть застосовуватись й до інших водойм подібного типу, які перебувають під впливом антропогенних чинників. Це робить дослідження значним внеском у розробку практик сталого управління водними ресурсами в Україні.

Отже, розділ 2 підтвердив ефективність сучасних підходів до моніторингу якості води та оцінки сапробності. Комплексність використаних методів дозволяє зробити достовірні висновки про екологічний стан озера Дідорівка та надає основу для розробки рекомендацій з його відновлення. Впровадження подібних досліджень у широку практику є необхідним для забезпечення екологічної безпеки водних ресурсів України.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ АНАЛІЗ

3.1. Результати аналізу води за гідрохімічними показниками

На основі проведеного аналізу фізико-хімічних та біологічних показників якості води озера Дідорівка, отримано дані, які дозволяють зробити висновки щодо екологічного стану водойми та визначити ступінь її забруднення. Результати досліджень наведено у додатку А.

Результати аналізу фізичних показників засвідчили, що вода озера має жовтуватий колір та затхлий запах, що вказує на наявність органічних домішок. Прозорість води становила 12 см, що не є критичним, але вказує на певну кількість завислих речовин (5 мг/дм^3), які перевищують фонові показники.

Рівень хімічного споживання кисню дихроматне (ХСК) значно перевищує нормативне значення ($34.6 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ при допустимому для господарсько-побутових цілей $\leq 15.0 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$), що вказує на високий вміст органічних речовин. Хоча варто зазначити, що для водної екосистеми нормування даного показника відсутнє, але завищені значення його демонструють про органічне забруднення водойми озера Дідорівка.

Розчинений кисень становив лише $2.74 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$, що є нижче оптимального значення, відповідно дозволяє нам оцінити водойму за V класом якості (дуже погані) та 7 категорією якості (дуже брудні). Для рибогосподарських цілей мінімум становить $\geq 4 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$, а для водної екосистеми оптимальний поріг – не менше $5.0 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ (Хільчевський В.К., 2021). Це свідчить про незадовільний кисневий режим та можливу загрозу для водних організмів.

Фактичні значення вмісту нітратів у воді (0.612 мг/дм^3), нітритів (0.024 мг/дм^3) та азоту амонійного (0.48 мг/дм^3) відповідають III класу якості води та 4 категорії. Для рибогосподарських цілей ГДК становить $\leq 0.1 \text{ мгN/дм}^3$ для амонійного азоту, $\leq 0.1 \text{ мг/дм}^3$ (за NO_2^-) для нітритів, $\leq 2,0 \text{ мг NO}_3^-/\text{дм}^3$ для нітратів (Хільчевський В.К., 2022). Для водної екосистеми в цілому допустимі значення можуть відрізнятися. Озеро не використовується для питних цілей.

Фактична концентрація поліфосфатів (середньозважена величина з двох проб становить 1.25 мг/дм^3) у пробах води може свідчити про надходження побутових або сільськогосподарських стоків. Для рибогосподарських цілей ГДК становить $\leq 0.5 \text{ мг/дм}^3$, для рекреаційних – $\leq 1.0 \text{ мг/дм}^3$.

Рівні більшості важких металів:

1. Фактична концентрація вмісту заліза становить $0,45 \text{ мг/дм}^3$ (середньозважена величина з двох проб) (норматив $\leq 0,3 \text{ мг/дм}^3$ згідно Про затвердження Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення).
2. Фактична концентрація вмісту марганцю становить $0,12 \text{ мг/дм}^3$ (середньозважена величина з двох проб) (норматив $< 10 \text{ мг/дм}^3$ згідно методики оцінювання водойми як природної).
3. Фактична концентрація вмісту цинку становить $1,8 \text{ мг/дм}^3$ (середньозважена величина з двох проб) (норматив $\leq 1,0^{-3} \text{ мг/дм}^3$ згідно Про затвердження Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення).

Перевищення нормативних значень за марганцем і цинком вказують на можливий антропогенний вплив на водойму. Наприклад, скидання забруднених стічних вод або розмивання забруднених ґрунтів. Надмірний вміст заліза може бути викликаний природними геохімічними особливостями ґрунтів у районі водойми або процесами закислення.

Щодо інших потенційно токсичних елементів, такі як ртуть, свинець та кадмій, не були виявлені або їх концентрація перебувала нижче меж чутливості методик.

У таблиці додатку А порівняно отримані результати з нормативними значеннями, що дозволило виокремити основні відхилення:

- Перевищення ХСК як ключового показника органічного забруднення.
- Недостатній рівень розчиненого кисню, що обмежує можливості функціонування екосистеми.

– Перевищення концентрації марганцю, що може впливати на якість води для питного та технічного використання.

Результати аналізу підтверджують, що озеро Дідорівка перебуває під впливом помірного органічного та біогенного забруднення, що негативно впливає на стан його екосистеми. Основними факторами є недостатній рівень розчиненого кисню та значне органічне навантаження, що потребує впровадження відповідних заходів з метою відновлення екологічного балансу водойми.

3.2. Мікробіологічний аналіз якості води

Мікробіологічний аналіз якості води озера Дідорівка показав перевищення нормативів за деякими показниками, що свідчить про відчутний вплив антропогенного навантаження на водойму. При цьому варто врахувати, що нормативи мікробіологічних показників залежать від виду водокористування. Для питних цілей, рекреації та рибогосподарського використання ці нормативи можуть помітно відрізнятися.

Зокрема, індекс лактозопозитивних кишкових паличок (ЛКП) перевищив нормативне значення у понад два рази, досягнувши 11 000 КУО/дм³. Для рекреаційних цілей максимальний допустимий рівень ЛКП становить 5000 КУО/дм³ (Юрасов С.М., 2011; Хільчевський В.К., 2021). Це критичний індикатор мікробіологічної чистоти води, оскільки він свідчить про фекальне забруднення, яке може походити:

- від побутових стоків,
- природного стоку з територій, що активно використовуються для сільського господарства,
- або зон рекреаційної діяльності.

Підвищений рівень ЛКП може мати такі наслідки:

1. Розвиток евтрофікації, що сприяє надмірному росту водоростей.

2. Погіршення кисневого балансу водойми, що негативно впливає на водні екосистеми.

3. Потенційна небезпека для рекреаційного використання води, зокрема при контакті людини з водою.

Іншим важливим показником є концентрація *E.coli*, яка склала 2400 КУО/100 мл. Для рекреаційних цілей норматив становить ≤ 1000 КУО/100 мл (Юрасов С.М., 2011). Такий рівень свідчить про значний рівень бактеріального забруднення води.

Основні аспекти, пов'язані з перевищенням рівня *E.coli*:

1. Джерела забруднення:

– Пряме або непряме потрапляння стоків із території озера, зокрема де розташовані «біотуалети».

– Недостатня ефективність очищення стічних вод, що потрапляють у водойму від будівель, які задіяні в рекреації.

2. Небезпека для здоров'я людини:

– Контакт із водою, забрудненою *E.coli*, може бути серйозною загрозою для здоров'я людини, особливо під час купання (що є забороненим).

Відсутність патогенних мікроорганізмів, включаючи сальмонели, є позитивним наслідком дослідження. Це свідчить про те, що, попри наявність фекального забруднення, вода не містить небезпечних патогенних бактерій, які могли б викликати гострі інфекційні захворювання.

Тому, підвищені концентрації ЛКП та *E.coli* підкреслюють важливість впровадження екологічних заходів із запобігання подальшому мікробіологічному забрудненню водойми.

Значення цих мікробіологічних показників вказують на обмежену можливість використання води з озера Дідорівка для рекреаційних цілей без попереднього очищення. Крім того, такі рівні забруднення можуть впливати на загальний стан екосистеми водойми, оскільки надлишкові бактерії сприяють розкладанню органічних речовин, що призводить до зниження концентрації роз-

чиненого кисню у воді. Як наслідок, це може негативно вплинути на біорізноманіття водойми та сприяти розвитку умов, несприятливих для водних організмів.

Тож, за результатами дослідження мікробіологічного аналізу стає необхідністю терміново впровадити заходи для зниження фекального забруднення у водоймі. Це включає підвищення ефективності очищення стічних вод, створення буферних зон навколо водойми та запобігання потраплянню забруднених поверхневих вод у водойму. Зокрема, треба посилювати контроль джерел забруднення та впровадити регулярний мікробіологічний моніторинг.

3.3. Обґрунтування виявлених рівнів забруднення та їхнього значення для стану водойми

Дослідивши екологічний стан озера Дідорівка, зафіксовано вплив антропогенних факторів, які спричиняють у водоймі органічне та біогенне забруднення. На погіршення якості води вказують основні показники, що можуть мати наслідки для екосистеми та можливості її використання.

Рівень хімічного споживання кисню (ХСК) становив $34,6 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$, що перевищує норматив для господарсько-побутових вод ($\leq 15,0 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$) та наближається до граничного значення для рибогосподарських водойм ($\leq 30,0 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$).

Рівень розчиненого кисню у воді становив $2,74 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$, що є значно нижчим за норматив для рибогосподарських водойм ($\geq 4 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$) та екологічний поріг ($\geq 5,0 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$). Дефіцит кисню негативно впливає на водні організми, зокрема, на рибу, моллюсків і ракоподібних. Основні причини зниження кисню:

1. Скидання недостатньо очищених стоків.
2. Надходження біогенних речовин, які сприяють надмірному розвитку водоростей.

3. Природне розкладання органіки у водоймі.

Поліфосфати – 1,25 мг/дм³, що не перевищує нормативи для господарсько-побутових потреб ($\leq 3,5$ мг/дм³) та перевищує норматив для рибогосподарських водойм ($\leq 0,5$ мг/дм³). Присутність поліфосфатів свідчить про можливе забруднення водойми поверхневими стоками. Їхній надлишок сприяє евтрофікації, яка викликає:

- розростання синьо-зелених водоростей;
- зниження прозорості води;
- погіршення її якості.

Таким чином, результати фізико-хімічного аналізу підтверджують наявність значного органічного навантаження на озеро Дідорівка. Перевищення рівнів ХСК і недостатній вміст розчиненого кисню є ключовими показниками, які вказують на деградацію екосистеми водойми. Аналіз також свідчить про необхідність негайного впровадження заходів із метою стабілізації екологічного стану водойми.

Таблиця 3.1.

Порівняння фізико-хімічних показників із нормативними значеннями

№	Показник	Результат	Нормтив [35]	Відхилення (%)	Наслідки
1	Хімічне споживання кисню (ХСК), мгО ₂ /дм ³	34.6	≤ 15.0	130.67	Перевищення ХСК вказує на значний рівень органічного забруднення, що викликає активні процеси розкладу органіки, підвищуючи споживання кисню. Це може призводити до виникнення умов, шкідливих для аеробних організмів.
2	Розчинений кисень, мгО ₂ /дм ³	2.74	≥ 4.0	31.50	Невисокий рівень розчиненого кисню вказує на кисневий дефіцит, що знижує життєздатність аеробних організмів, наприклад, риб та ракоподібних. Це створює загрози для підтримання екологічної рівноваги водойми.

3	Поліфосфати, мг/дм ³	1.25	≤3.5	0	Рівень поліфосфатів не перевищує нормативного показника, проте навіть в межах норми їхня присутність здатна сприяти евтрофікації води, утворюючи сприятливі умови для цвітіння синьо-зелених водоростей.
4	Загальний вміст солей, мг/дм ³	411	≤1000	0	Загальний склад солей перебуває у межах прийняттого рівня, що вказує на відсутність значного мінерального забруднення.
5	pH - водневий показник	8.35	6.5–8.5	Не перевищує	Значення pH вказує на лужне середовище, що здатне бути результатом біохімічних процесів у водоймі, зокрема активного розкладу органіки чи надходження мінеральних сполук.
6	Завислі речовини, мг/дм ³	5	≤0.75 (від фонового)	566.67	Перевищення фонових величин свідчить про потрапляння завислих частинок із поверхневих стоків чи ерозію берегів. Це може викликати зниження прозорості води та негативно вплинути на фотосинтетичну діяльність.

Результати мікробіологічного аналізу води озера Дідорівка вказують на значний рівень фекального забруднення, що підтверджується перевищенням ключових показників — індексу лактозопозитивних кишкових паличок (ЛКП) та кількості *Escherichia coli* (*E.coli*). Ці результати свідчать про вплив антропогенних факторів на екосистему водойми та створюють потенційні ризики як для здоров'я людини, так і для біологічного стану озера.

Індекс ЛКП становить 11 000 одиниць на 1 дм³ води, що перевищує нормативне значення (≤5000) більше ніж удвічі. ЛКП є ключовим індикатором фекального забруднення, оскільки лактозопозитивні кишкові палички належать до групи бактерій, що містяться в кишечнику теплокровних організмів. Перевищення цього показника свідчить про значне надходження органічних забруднювачів, зокрема фекального походження. Це може бути результатом недостатньо очищених побутових стоків, поверхневого стоку з прилеглих територій, а також змиву органіки під час опадів.

Концентрація *E.coli* досягає 2400 одиниць на 100 мл, що більш ніж у два рази перевищує допустиму норму (≤ 1000). *Escherichia coli* є типовим індикатором свіжого фекального забруднення. Її присутність вказує на надходження в озеро органічних речовин із забруднених джерел. Високий показник *E.coli* впливає на виникнення небезпек для здоров'я людей при безпосередньому контакті з водою, наприклад, під час плавання чи використання води у рекреаційних цілях. Це також сприяє поширенню інших патогенних мікроорганізмів за умови погіршення умов.

Основними джерелами надходження фекального забруднення у водойму є:

1. Побутові стоки. Недостатньо очищені стоки з населених пунктів, особливо у випадках, коли каналізаційна система не обладнана сучасними очисними спорудами, можуть бути головним джерелом ЛКП та *E.coli*.
2. Поверхневий стік з прилеглих місцевостей. Урбанізовані ділянки навколо водоймища сприяють змиву поллютантів, включаючи органічні залишки, з поверхні ґрунту та асфальту. Це особливо важливо під час рясних опадів, коли забруднення потрапляє у водойму разом з дощовою водою.
3. Природне забруднення. Наявність дикої фауни в зоні водойми також може сприяти збільшенню кількості фекального забруднення, проте зазвичай цей чинник має менший вплив у порівнянні з антропогенним.

Позитивним моментом є те, що під час аналізу патогенні мікроорганізми, включаючи сальмонели, не були виявлені. Це засвідчує про те, що рівень ризику виникнення гострих інфекційних захворювань залишається низьким. Але, присутність значної кількості ЛКП та *E.coli* створює сприятливе середовище для поширення патогенних мікроорганізмів у разі відсутності заходів із поліпшення якості води.

Попри те, що наразі патогенні мікроорганізми не виявлені, існує потреба в зниженні рівня ризику для екосистеми озера та здоров'я населення, особливо з огляду на його використання в рекреаційних цілях. Це зумовлює необ-

хідність впровадження заходів спрямованих на зменшення фекального забруднення. До таких заходів належить контроль за поверхневим стоком (зливовими водами) та організація буферних зон, які запобігатимуть потраплянню забруднювачів до водойми.

Перевищення рівнів ЛКП та *E.coli* є не абиякою екологічною проблемою, що вказує на суттєвий антропогенний вплив на водойму.

Таблиця 3.2.

Мікробіологічні показники якості води

№	Показник	Результат	Норма (ДСанПіН 2.2.4-171-10)	Відхилення (%)	Наслідки
1	ЛКП (індекс), од./100 мл	11 000	≤5000	+120	Фекальне забруднення
2	<i>E.coli</i> , од./100 мл	2400	≤1000	+140	Потенційна небезпека для рекреації
3	Патогенні мікроорганізми	Не виявлено	Не допускається	Норма	Відсутність загрози гострих інфекцій

Забруднення у озері Дідорівка, було виявленим під час дослідження. Воно комплексно впливає на екосистему водойми, зачіпаючи фізико-хімічні та біологічні аспекти. Фізико-хімічне забруднення, що характеризується високим рівнем хімічного споживання кисню (ХСК) і низькою концентрацією розчиненого кисню, разом з мікробіологічним навантаженням у вигляді підвищених рівнів ЛКП та *E.coli*, утворює несприятливі умови для функціонування біоти водойми.

Перевищений показник ХСК ($34.6 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ при нормі $\leq 15.0 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$) свідчить про органічне забруднення, яке спричиняє активний розклад органіки з інтенсивним споживанням розчиненого кисню. Низький рівень кисню ($2.74 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$) створює умови з якими аеробні організми (риби, молюски та ракоподібні) втрачають здатність до нормальної життєдіяльності. Це призводить до скорочення чисельності чутливих видів і зміщення біологічного балансу в бік

організмів, що пристосовані до гіпоксичних умов (наприклад, анаеробних бактерій та синьо-зелених водоростей).

Підвищення концентрацій *E. coli* та ЛКП свідчать про надходження великих обсягів органіки, яка викликатиме розвиток умовної патогенної мікрофлори. Це загрожуватиме водним організмам, знижуючи їхню імунну стійкість і підвищуючи ризик виникнення хвороб у популяціях.

Найбільшим наслідком низького кисневого режиму є деградація популяцій чутливих видів, таких як риби, що потребують великого вмісту кисню у воді. Наприклад, відомо, що мінімальна концентрація кисню для життєдіяльності корошових риб складає 3-4 мгО₂/дм³. Зменшення цього показника до 2.74 мгО₂/дм³ робить воду непридатною для більшості таких видів, що спричинює їх зникнення. Окрім того, нестача кисню сприяє розмноженню анаеробних бактерій, які виробляють отруйні речовини, такі як сірководень, що додатково погіршує стан біоти.

Зниження чисельності вразливих видів справляє каскадний вплив на екосистему: втрата хижаків та ключових видів змінює структуру харчових ланцюгів, сприяє домінуванню менш чутливих, зазвичай інвазивних видів і знижує біорізноманіття водойми.

З огляду на збільшені концентрації ЛКП (лактопозитивних кишкових паличок) та *E. coli* (11 000 і 2400 одиниць відповідно) постають суттєві загрози для рекреаційного використання водойми. Прямий контакт з водою, контамінованою фекальними бактеріями, може викликати шкірні інфекції, розлади шлунково-кишкового тракту та інші шкідливі впливи на самопочуття людей. Ця обставина обмежує можливості використання озера для плавання, відпочинку чи занять водними видами спорту, що у свою чергу негативно позначається на його соціальній та економічній вартості.

На основі отриманих даних підкреслюється необхідність:

1. Комплексного підходу до відновлення якості води, включаючи покращення очищення стічних вод, зменшення антропогенного навантаження та впровадження моніторингових заходів.
2. Розробки практичних рекомендацій, які враховуватимуть результати фізико-хімічного, мікробіологічного та екологічного аналізів.

3.4. Аналіз сапробності води

Аналіз екологічного стану водойми виявив, що вода знаходиться у мезо-сапробному стані, що вказує на середній ступінь забруднення. Цей висновок підтверджується домінуванням синьо-зелених водоростей та інфузорій, які притаманні для помірно забруднених водойм. Разом з тим, відсутність представників чистих вод (олігосапробної зони) свідчить про вплив органічного забруднення.

В ході дослідження було здійснено оцінювання водного середовища за критеріями сапробності, що дало змогу класифікувати водойму за цим показником. Розгляд містив такі фундаментальні характеристики:

- Відсотковий вміст розчиненого кисню: параметр, що має визначальне значення для життєдіяльності гідробіонтів, вказує на рівень аерації водойми.
- Прозорість води (м): Цей показник слугує для визначення концентрації суспендованих речовин та інтенсивності цвітіння води.
- Потреба у кисні для біологічних процесів (БСК₅, мг/дм³): Важливий показник, що показує величину органічного забруднення водного об'єкта.

Для встановлення класу сапробності води було проведено розрахунки рівня насичення водойми киснем (O₂, %). Вихідні дані для цих розрахунків наведені у Таблиці 3.3.

Окремо слід зазначити, що значення O₂ (% насичення) може варіюватися залежно від зовнішніх факторів, зокрема:

- Температурного режиму повітря на момент відбору проб,
- Атмосферного тиску, що впливає на рівень розчиненого кисню у воді.

Ці фактори слід обов'язково враховувати під час інтерпретації отриманих результатів, щоб зробити коректні висновки про стан водойми та її відповідність екологічним нормам.

Таблиця 3.3.

Вихідні дані для розрахунку O_2 , %

Пункт відбору проб води	C_x	C_0	t повітря на момент відбору проб води, °C	Атмосферний тиск на момент відбору проб води	O_2 , % насичення води киснем
1	6.9	9.0	21	761	76.67
2	7.3	9.0	19	757	81.11

Для оцінки рівня насичення водойми киснем було проведено розрахунки O_2 , % (відносний вміст розчиненого кисню у воді) для різних точок відбору проб. Процентне насичення киснем водойми визначали за формулою:

$$O_2, \% = \frac{C_x \times 100}{C_0}, \text{ де}$$

C_x – фактична концентрація кисню у воді, $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$;

C_0 – Нормальна концентрація кисню за певної температури та атмосферного тиску (760 мм рт.ст.), виміряної під час взяття проб води, $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$.

Розрахунки для кожного пункту відбору проб показали такі результати:

$$\begin{aligned} &\text{для 1 пункту:} \\ O_2, \% &= \frac{6,9 \times 100}{9,0} = 76,67 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{для 2 пункту:} \\ O_2, \% &= \frac{7,3 \times 100}{9,0} = 81,11 \end{aligned}$$

Отримані результати свідчать про недостатній рівень насичення води киснем. У першому пункті значення 76,67% може вказувати на дефіцит кисню, що впливає на життєдіяльність водних організмів, особливо аеробних бактерій

і риб. Другий пункт показує 81,11%, що є дещо вищим, однак також нижчим за оптимальні значення для екологічно стабільних водойм.

Такий рівень насичення киснем може бути наслідком високого органічного навантаження, зумовленого біохімічними процесами розкладання органічних речовин у воді. Це підтверджує наявність антропогенного впливу на водойму та потребує подальшого контролю за показниками якості води.

За результатами дослідження сапробності водного середовища, прозорість води відповідає значенням, характерним для β -мезосапробної зони, що вказує на помірний рівень органічного забруднення. Вміст біологічного споживання кисню (БСК₅) свідчить про відповідність класу полісапробності, що свідчить про значний рівень органічного навантаження, спричиненого антропогенними впливами.

Таблиця 3.4

Характеристика озера Дідорівка за класами сапробності водного середовища

Пункт відбору проб води	Прозорість води, м		O ₂ , % насичення води		БСК ₅ , мг/дм ³	
	величина	клас сапробності	величина	клас сапробності	величина	клас сапробності
1	1.2	β -мезосапробна	80.00	β -мезосапробна	3.2	β -мезосапробна
2	1.1	α -мезосапробна	75.56	β -мезосапробна	3.5	β -мезосапробна

З метою підтвердження вищенаведених припущень, нами була проведена оцінка на наявність у водоймі макрофітів-індикаторів забруднення, які також є індикаторами трофічного стану водойми. Це дослідження дозволило визначити ступінь антропогенного впливу на екосистему водойми та уточнити її екологічний статус.

3.5. Рекомендації та заходи щодо покращення якості води, що враховують результати дослідження

Обстеження сучасного екологічного стану оз. Дідорівка підтвердило наявність забруднення водного середовища. Встановлено перевищення нормативів за показниками органічних та мікробіологічних параметрів, а також знижену концентрацію розчиненого кисню. Зазначені значні перевищення свідчать про розвиток евтрофікаційних процесів. Отримані результати вказують на необхідність впровадження низки заходів: технічні рішення, організаційне управління водоохоронною діяльністю та впровадження екологічно орієнтованих підходів до відновлення гідроекосистем.

Найперша і найголовніша рекомендація у нинішній ситуації - модернізація та реконструкція систем очищення стічних вод. Методи працюють шляхом осадження певного відсотка органічних сполук до того, як вони потрапляють у водойму. Застосування сучасних технологій, зокрема багатоступеневих систем очищення із застосуванням біоінженерних методів, дозволить суттєво знизити концентрацію органічних та біогенних сполук у водоймі. Особливу увагу слід приділити впровадженню систем для ефективного затримання великих часток (або предметів), органічних решток та біогенних елементів. Останні є каталізаторами процесу евтрофікації [28].

Особливу увагу варто звернути на практики контролю поверхневого стоку з пагорбів до озера. Це може бути реалізовано через створення дренажних систем. Дренажі затримують забруднюючі речовини до їх потраплення у водойму. Для локацій з високим тиском від урбанізації доцільним є використання штучних інженерних споруд, наприклад, рослинних фільтрів. Ці системи допомагають очистити воду від поживних решток природним шляхом. Перелічені практики можуть ефективно допомогти із задачею зменшення обсягів надходження органічної речовини до водойми. Це безпосередньо вплине на зниження рівня ЛКП та E.coli.

Низький рівень концентрації кисню у воді значно впливає на життєздатність біорізноманіття екосистеми озера (згідно дослідження, $2.74 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ при

нормі ≥ 4 мгО₂/дм³). Ефективним рішенням для цієї проблеми є встановлення систем аерації, наприклад, плаваючі фонтани, дифузори або компресорні установки. Ці системи функціонують шляхом створення руху води та активного перемішування, що сприяє інтенсивному насиченню води киснем, особливо у нижніх шарах водойми, де дефіцит кисню є найбільш вираженим. Відновлення оптимального кисневого режиму є життєво необхідним для збереження популяцій аеробних організмів (риби, молюски).

Підвищений вміст біогенних елементів є основною причиною процесів евтрофікації, що проявляються у «квітінні» водоростей. Для запобігання подальшому накопиченню речовин необхідно створити буферні зони навколо озера. Ефективним заходом є висадка прибережної рослинності, яка здатна поглинати надлишок біогенних елементів (очерету або айру). Ці види рослин виконують функцію біофільтра – швидко поглинають біогенні елементи та забруднюючі речовини з води. Доцільним є впровадження систем біоплато. Ці штучно створені ділянки у водоймі із висадженими рослинами забезпечують інтенсивне поглинання надлишкових сполук.

Ефективне управління стабільністю екосистеми озера неможливе без постійного моніторингу. Рекомендовано створити систему автоматизованого моніторингу, яка дозволить у режимі реального часу відстежувати основні показники якості води (ХСК, рівень розчиненого кисню, концентраціях біогенних елементів та мікробіологічні показники). Встановлення датчиків у різних частинах водойми забезпечить оперативний збір даних. Впровадження моніторингу дасть змогу контролювати рівні забруднення і відслідковувати їх розповсюдження. Моніторинг є обов'язковою ланкою системи управління водними ресурсами і допомагає оцінювати ефективність впроваджених заходів.

Остання рекомендація стосується рівня обізнаності населення стосовно екологічних тематик. Ефективними практиками в цьому аспекті є освітні кампанії та волонтерські ініціативи. Це сприяє висвітленню екологічних питань та розширенню кола знань про вплив урбанізації та діяльності людини загалом на водні екосистеми.

Заходи мають реалізовуватись комплексно. Це необхідно для підвищення ефективності управління рівнями якості та кількості води в озері Дідорівка.

Проведений аналіз сапробності води озера підтвердив наявність помірного органічного забруднення. Вода віднесена до мезосапробної зони – характеризується середнім рівнем органічного навантаження. Відсутність індикаторних організмів олігосапробної зони свідчить про неможливість класифікувати водойму як чисту.

Перевищення рівня хімічного споживання кисню ($34.6 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ при нормі $\leq 15.0 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$) вказує на високе органічне навантаження. Такий рівень є наслідком розкладу великої кількості органіки, що надійшла у водойму разом із побутовими або сільськогосподарськими стоками. Водночас низька концентрація розчиненого кисню ($2.74 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ при нормі $\geq 4 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$) створює несприятливі умови для аеробних організмів. Ці відхилення підтверджують наявність деградації екосистеми водойми та зниження її здатності до самоочищення.

Рівень лактозопозитивних кишкових паличок (ЛКП) перевищує допустимі значення вдвічі ($11\,000$ одиниць на 1 дм^3 при нормі ≤ 5000), а концентрація *E.coli* досягає 2400 одиниць на 100 мл (норма ≤ 1000). Це свідчить про значне фекальне забруднення, яке походить від побутових стоків і поверхневого стоку. Наявність таких показників створює ризики для здоров'я населення, що використовує водойму для рекреації. Позитивним моментом є відсутність такого патогенного організму як сальмонела, але бактеріальне забруднення всеодно потрібно знижувати.

На біорізноманіття водойми впливає забруднення води органічними та мікробіологічними речовинами. Низька концентрація розчиненого кисню пригнічує або і знищує вразливі види риб, ракоподібних і молюсків. Даний аспект спричиняє домінування анаеробних організмів. Це порушує ланцюги жив-

лення й знижує екологічну стійкість водойми. Стимулювання процесу евтрофікації накопичує поліфосфати і нітрати, це дозволяє водоростям цвісти, погіршує прозорість води і надалі буде суттєво відчуватись виснаження кисню.

Основними екологічними проблемами озера Дідорівка є:

- Органічне забруднення, яке проявляється через перевищення показників ХСК і низький рівень кисню.
- Фекальне забруднення, підтвержене високим рівнем ЛКП та *E.coli*.
- Накопичення біогенних елементів - викликає процеси евтрофікації та погіршує екологічний стан водойми.
- Зниження біорізноманіття, спричинене погіршенням умов для життя аеробних організмів.

Результати дослідження дозволяють підсумувати аспекти про необхідність впровадження системного підходу до керування екосистемою озера. Виконаний аналіз підтвердив, що ключовими напрямками роботи мають стати:

1. Зниження антропогенного навантаження через модернізацію очисних споруд і контроль за стоками.
2. Встановлення систем аерації та зменшення органічного навантаження сприятиме відновленню кисневого режиму.
3. Створення буферних зон і впровадження природоохоронних практик дасть змогу контролювати рівень біогенних елементів.
4. Потрібен регулярний екологічний моніторинг щоб забезпечити своєчасне реагування на зміни екологічного стану водойми.

Отже, здійснений аналіз переконливо показує, що екологічну рівновагу озера Дідорівка можливо відновити винятково шляхом реалізації інтегрованого підходу. Цей підхід неодмінно включатиме як інженерно-технічні рішення, так і організаційно- управлінські стратегії. Здобуті дані створюють емпіричну базу для розробки та впровадження вискоелективних природоохоронних дій, цілями яких є збереження біологічного розмаїття, забезпечення

екологічно безпечного рекреаційного функціонування водойми та підвищення рівня екологічної безпеки в межах регіону.

ВИСНОВКИ

Отже, проведене дослідження підтверджує, що озеро Дідорівка знаходиться у критичному стані. Причиною цього є наявність органічного і біогенного забруднення спричинене антропогенними факторами. Були здійсненні фізико-хімічні, мікробіологічні й біологічні аналізи – показники дозволили виявити основні проблеми та оцінити рівень сапробності водойми.

Результати здійсненого аналізу дозволяють зробити висновок про наступне:

1. Антропогенне навантаження. Основним джерелом забруднення водойми є комунальні стоки, поверхневі змиви з сільськогосподарських територій і недосконалість систем очищення води. Це спричинило накопичення органічних речовин, біогенних елементів (азоту, фосфатів) та мікробіологічне забруднення, що негативно впливає на екосистему водойми. Вагомий вплив антропогенних чинників підтверджується результатами фізико-хімічного аналізу, таї мікробіологічними показниками.

2. Фізико-хімічні показники. У водоймі спостерігається перевищення нормативних значень за хімічним споживанням кисню (ХСК), яке становить $34.6 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ при нормі $\leq 15.0 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$, що свідчить про високий рівень органічного навантаження. Рівень розчиненого кисню є зниженим — $2.74 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ при нормі $\geq 4.0 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$, що вказує на кисневий дефіцит, який створює несприятливі умови для аеробних організмів. Концентрація поліфосфатів становить $1.25 \text{ мг}/\text{дм}^3$ (не перевищує допустимих значень) і свідчить про надходження біогенних елементів, що сприяють евтрофікації. Загальний вміст солей та рН, перебувають у межах допустимих значень.

3. У водоймі зафіксовані перевищення мікробіологічних нормативів.

4. Сапробність водойми. За результатами дослідження сапробності водойми, озеро Дідорівка належить до β -мезосапробної зони, що вказує на помірний рівень органічного забруднення. Прозорість води (1.0–1.5 м) та рівень

біологічного споживання кисню (БСК₅) в межах 2.7–3.6 мгО₂/дм³ підтверджують дані щодо класу сапробності. У воді є також рослини макрофіти-індикатори. Серед них елодея канадська та ряска мала. Їх наявність означає, що відбувається евтрофікація (надлишок у воді поживних елементів). Результати аналізів це підтверджують і показують, що потрібно зменшити негативний вплив людини на водойму. Є необхідністю започаткувати активне впровадження заходів для стабілізування екологічного стану водойми.

5. Екосистемні наслідки. Знижений рівень кисню і мікробіологічне забруднення спричинили зниження чисельності екологічно чутливих видів гідробіонтів. Зросла популяція анаеробних мікроорганізмів, що знизило рівень біорізноманіття .

Результати дослідження показали, що основними проблемами озера Дідорівка є: органічне забруднення (викликає підвищення ХСК, дефіцит розчиненого кисню), низький кисневий режим (створює несприятливі умови для аеробних організмів, сприяє деградації екосистеми), мікробіологічне навантаження, підтвержене перевищенням рівнів ЛКП та *E.coli* (свідчить про значне фекальне забруднення).

Отримавши результати, ми можемо дійти висновку, що екологічний стан водойми є незадовільним. Він потребує комплексних заходів для відновлення балансу в екосистемі.

Відтак, можна впевнено стверджувати, що стан озера Дідорівка потребує негайних природоохоронних заходів. Проведене дослідження дозволяє сформулювати такі рекомендації:

- модернізувати системи очищення побутових і зливових стоків;
- встановити системи аерації для покращення кисневого режиму;
- створити буферні зони з прибережною рослинністю для фільтрації забруднень;
- впровадити систему регулярного екологічного моніторингу для контролю стану водойми.

За даними дослідження можна спостерігати важливість комплексного підходу. Для того щоб якість води тримати під контролем, потрібні різноманітні вирішення. Якщо ми зможемо впровадити запропоновані вище заходи, то екологічний баланс водойми оз. Дідорівка покращиться. Озеро зможе стабільно функціонувати і стане безпечним у використанні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Батог С.В. *Еколого-гідрологічна характеристика водойм м. Києва*. Дисертація на правах рукопису за спеціальністю 11.00.07 – гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія. Інститут гідробіології Національної академії наук України, Київський національний університет імені Тараса Шевченка Міністерство освіти і науки України. Київ, 2017. 249 с.
2. Бойко А.О. Концепція благоустрою берегової смуги озера Дідорівка у Національному природному парку "Голосіївський". *Агробіологія*. 2012. № 8. С. 29–34.
3. Боярин М.В. *Основи гідроекології: теорія й практика*: навч. посіб. Луцьк: Вежа-Друк, 2016. 365 с.
4. Вишневський В.І. *Водойми Києва*. К.: Ніка-Центр, 2021. 280 с.
5. Вовкодав Г. М., Бакала О. Д. Оцінка якості вод Кременчуцького водосховища: Магістерська кваліфікаційна робота. Одеса : ОДЕУ, 2018. 128 с.
6. Горова А. І., Павличенко А. В., Борисовська О. О., Грунтова В. Ю., Деменко О. В. Біоіндикація. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт. Дніпро : НГУ, 2014. 76 с.
7. Доповідь про стан навколишнього природного середовища міста Києва за 2021 рік. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/04/Regionalna-dopovid-Kyyivska-mista-Kyyeva-u-2021-rotsi.pdf>
8. Жукинський В. М., Чернявська А. П., Яцик А. В., Єзловецька І. Є. Досвід використання «Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними критеріями» (пояснення, застереження, приклади). Київ : «Символ-Т», 1998. 48 с
9. Ramesh D., Sil news, Gulati D. To the Memory of Professor Vladimír Sládeček. 01.04.2007. URL: <https://limnology.org/wp-content/uploads/2023/04/silnews49.pdf>

10. Задніпрянець А. Д. Екологічна оцінка стану поверхневих вод р. Соб в межах Гайсинського ОТГ. Вінниця : ВНАУ, 2023. 42 с.
11. Звіт про стратегічну екологічну оцінку проекту програми соціально-економічного та культурного розвитку Київської області на 2024 рік. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://koda.gov.ua/wp-content/uploads/2023/12/zvit-ekolog-oczinku.pdf>
12. Екологічний паспорт Київської області – 2022 рік. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/04/Ekologichnyj-pasport-Kyyivska-oblast.pdf>
13. Екологічний паспорт м. Києва 2022. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/04/Ekologichnyj-pasport-m.-Kyyiv.pdf>
14. Екологічний паспорт м. Києва 2023. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://media-stg.kyivcity.gov.ua/kyivcity/sites/32/uploaded-files/ekopasport%2023.pdf>
15. Екологічний стан водних об'єктів Київської області. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/uk/diialnist/khimichne-zabrudnennia/8-materialy-na-glavnoj/170-ekologichnij-stan-vodnikh-ob-ektiv-kijivskoji-oblasti>
16. Екологічний стан водойм Києва. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://fishindustry.com.ua/ekologichnij-stan-vodojm-kiyeva/>
17. Екологічні основи управління водними ресурсами: навч. посіб. / А.І. Томільцева, А.В. Яцик, В.Б. Мокін та ін. К.: Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 200 с.
18. Інформація стану забруднення. Статистичні показники по створам. Узагальнені гідрохімічні показники. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/uk/diialnist/khimichne-zabrudnennia/17-monitorinh-stanu-dovkillia>
19. Корнієнко С.В. Методика гідрогеологічних досліджень. Основні методи і види гідрогеологічних досліджень. К., 2001. 69 с.

20. Клименко В. Г., Фролова Л. І. Екологічна оцінка природних ресурсів : метод. посібник для студентів. Харків : ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2009. 64 с
21. Мандрик Б.М., Чомко Д.Ф., Чомко Ф.В. Гідрогеологія. К.: ВПЦ «Київський університет», 2005. 197 с.
22. Мальцев В., Карпова Г., Зуб Л. Визначення якості води методами біоіндикації. Київ : НЦЕБМ НАН України, 2011.
23. Оцінка ступеня сапробності вод. Оцінка ступеня сапробності вод по показовим організмам. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://stud.com.ua/101926/geografiya/viznachennya_serednoyi_saprobnosti_biotsenozu
24. Сапробність водних об'єктів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/7831392/page:90/>
25. Томільцева А. І., Яцик А. В., Мокін В. Б. та ін. Екологічні основи управління водними ресурсами : навч. посіб. Київ : Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 200 с
26. Чемеріс І. К. Кваліфікаційна робота магістра: Екологічне оцінювання якості води Кременчуцького водосховища в районах питних водозаборів. Запоріжжя, 2023. 78 с.
27. Юрасов С.М. *Методи оцінки якості природних вод*: Конспект лекцій. Одеса: Екологія, 2011. 92 с.
28. Якість води та управління водними ресурсами: короткий опис Директив ЄС та графіку їх реалізації. Проект ЄС «Додаткова підтримка Міністерства екології та природних ресурсів України у впровадженні Секторальної бюджетної підтримки» – Режим доступу: http://buvrtysa.gov.ua/newsite/download/Water_brochure.pdf
29. Строкаль В. П., Куровська А. В. Інтегральне оцінювання екологічного стану води Київського водосховища: монографія. Київ : Видавничий центр НУБіП України, 2024. 225 с. URL: <https://dglib.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/085daab2-29d4-447a-b039-9e25b28168b5/content>

30. Строкаль В. П., Куровська А. В. Науково-методичні рекомендації: Інтегральна оцінка екологічного стану природних вод для різних видів водокористування : науково-методичні рекомендації. Київ : Редакційно-видавничий відділ НУБіП України, 2024. 64 с. URL: <https://dglib.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/7a5560fc-4d7d-45ff-824e-1e8c4580c6d1/content>
31. Гігієнічні нормативи якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення: Затверджено наказом МОЗ України від 02.05.2022 р. № 721.
32. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Київ: МОЗ України.
33. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості питної води. Видано офіційно. Київ: Мінекономрозвитку України.
34. ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання.
35. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В. Д. Романенко, В. М. Жукинський, О. П. Оксіюк та ін. Київ: СИМВОЛ-Т, 1998. 28 с.

ДОДАТКИ

Додаток А. Результати аналізу

№	Найменування показника, одиниці виміру	Результат	Нормативне значення*	Методика виконання дослідження
1	Колір	жовтувата	Не нормується	МВВ 08/1/12-0020-01
2	Запах, бали при 20°C	за-тхлий	≤1	[2], 314
3	Прозорість, см	12	Не нормується	[2], 750
4	Завислі речовини, мг/дм ³	5	+0.75 до фонового значення	КНД 211.1.4.039-95
5	рН - водневий показник	8.35	6.5 - 8.5	ДСТУ 4077-2001
6	Гідрокарбонати (НСО ₃ ⁻), ммоль/дм ³	4.5	Не нормується	ДСТУ ISO 9963-1:2007
7	Жорсткість загальна, ммоль/дм ³	2.48	Не нормується	ДСТУ ISO 6059:2003
8	Загальна лужність, ммоль/дм ³	4.7	Не нормується	ДСТУ ISO 9963-1:2007
9	Загальний вміст солей, мг/дм ³	411	≤1000	МВВ 08/112-0109-03
10	Хлориди, мг/дм ³	24.14	≤350	МВВ 08/12-0004-01
11	Сульфати, мг/дм ³	14	≤500	МВВ 08/37-0700-10
12	Хімічне споживання кисню дихроматне, мгО ₂ /дм ³	34.6	≤15.0 (≤30.0)	МВВ 081/37-0737-11
13	Розчинений кисень, мгО ₂ /дм ³	2.74	≥4	ДСТУ ISO 5814:2003
14	Поліфосфати, мг/дм ³	1.25	≤3.5	МВВ 08/12-0005-01
15	Нітрати (за NO ₃ ⁻), мг/дм ³	0.612	≤45.0	КНД 211.1.4.027-95
16	Нітрити (за NO ₂ ⁻), мг/дм ³	0.024	≤3.3	МВВ 08/37-0696-10
17	Азот амонійний, мг/дм ³	0.48	≤2.0	МВВ 08/12-0106-03
18	Натрій, мг/дм ³	3.8	≤200.0	ДСТУ EN ISO 11885:2019
19	Калій, мг/дм ³	8.5	Не нормується	ДСТУ EN ISO 11885:2019
9	Загальний вміст солей, мг/дм ³	411	≤1000	МВВ 08/112-0109-03
10	Хлориди, мг/дм ³	24.14	≤350	МВВ 08/12-0004-01
11	Сульфати, мг/дм ³	14	≤500	МВВ 08/37-0700-10

12	Хімічне споживання кисню дихроматне, мгО ₂ /дм ³	34.6	≤15.0 (≤30.0)	МВВ 081/37-0737-11
13	Розчинений кисень, мгО ₂ /дм ³	2.74	≥4	ДСТУ ISO 5814:2003
14	Поліфосфати, мг/дм ³	1.25	≤3.5	МВВ 08/12-0005-01
15	Нітрати (за NO ₃ ⁻), мг/дм ³	0.612	≤45.0	КНД 211.1.4.027-95
16	Нітрити (за NO ₂ ⁻), мг/дм ³	0.024	≤3.3	МВВ 08/37-0696-10
17	Азот амонійний, мг/дм ³	0.48	≤2.0	МВВ 08/12-0106-03
18	Натрій, мг/дм ³	3.8	≤200.0	ДСТУ EN ISO 11885:2019
19	Калій, мг/дм ³	8.5	Не нормується	ДСТУ EN ISO 11885:2019
20	Залізо, мг/дм ³	0.22	≤0.3	ДСТУ EN ISO 11885:2019
21	Кремній, мг/дм ³	4.88	10	ДСТУ EN ISO 11885:2019
22	Фторид-іон, мг/дм ³	0.037	1.5	МВВ 08/12-0309-06
23	Марганець, мг/дм ³	0.15	≤0.1	ДСТУ EN ISO 11885:2019
24	Поверхнево активні речовини, мг/дм ³	0.08	Не нормується	КНД 211.1.4.-17-95
25	Загальний вміст фенолів, мг/дм ³	---	≤0.001	МВВ 08/12-0119-03
26	Кальцій, мг/дм ³	61	200	ДСТУ EN ISO 11885:2019
27	Магній, мг/дм ³	22.8	50	ДСТУ EN ISO 11885:2019
28	Нафтопродукти, мг/дм ³	---	≤0.1	ЦВ 2.22.54.01-А
29	Хром загальний, мг/дм ³	---	≤0.55	ДСТУ EN ISO 11885:2019
30	Ціаніди, мг/дм ³	---	≤0.1	МВВ 08/12-0314-05
31	Мідь, мг/дм ³	---	≤1.0	ДСТУ EN ISO 11885:2019
32	Формальдегід, мг/дм ³	---	≤0.05	МВВ 08/12-0174-05
33	Цинк, мг/дм ³	0.13	≤1.0	ДСТУ EN ISO 11885:2019
34	Кадмій, мг/дм ³	---	≤0.001	ДСТУ EN ISO 11885:2019
35	Нікель, мг/дм ³	---	≤0.1	ДСТУ EN ISO 11885:2019

36	Алюміній, мг/дм ³	0.09	≤0.5	ДСТУ EN ISO 11885:2019
37	Кобальт, мг/дм ³	---	≤1.0	ДСТУ EN ISO 11885:2019
38	Вісмут, мг/дм ³	---	---	ДСТУ EN ISO 11885:2019
39	Ртуть, мг/дм ³	---	≤0.00053	ДСТУ EN ISO 11885:2019
40	Свинець, мг/дм ³	---	≤0.03	ДСТУ EN ISO 11885:2019

Додаток Б. Фото-фіксація проб відбору води



Продовження додатку Б.



Додаток В. Список публікацій

1. Катрук І.О., **Самойленко В.В.**, Строкаль В.П. Наслідки воєнних дій для місцевого населення в результаті руйнування шлюзу через річку Ірпінь. Матеріали доповідей VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія – філософія існування людства» (м. Київ, 26-27 квітня 2022 р.). Київ: Видавництво НУБіП України, 2022, С. 38-40. URL:;
https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u341/zbirnik_tez_dopovidey_2022.pdf

2. **Самойленко В.В.**, Строкаль В.П. Оцінювання сапробності водойми о. Дідорівка в НПП «Голосіївський» в м. Київ. Матеріали доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія – філософія існування людства» (м. Київ, 23-24 квітня 2025 р.). Київ: Видавництво НУБіП України, 2025, С. 146-149. URL: <https://nubip.edu.ua/node/109673>