ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

Кваліфікаційна робота
магістра

на тему ЕКОЛОГІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВОДИ ЗАПОРІЗЬКОГО ВОДОСХОВИЩА В РАЙОНАХ ПИТНИХ ВОДОЗАБОРІВ

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF WATER QUALITY OF THE ZAPORIZHZHIA RESERVOIR IN AREAS OF DRINKING WATER INTAKES

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1014

спеціальності 101 Екологія

освітньо-професійної програми Екологія та охорона навколишнього середовища

Ільченко Володимир Миколайович

Керівник доцент, к.б.н. Домбровський К.О.

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

Запоріжжя – 2025

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Біологічний факультет
Кафедра загальної та прикладної екології і зоології
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 101 Екологія
Освітньо-професійна програма «Екологія та охорона навколишнього середовища»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри загальної та прикладної екології і зоології, д.б.н., професор

_____ О.Ф. Рильський

« » 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Ільченко Володимиру Миколайовичу

1. Тема роботи Екологічне оцінювання якості води запорізького водосховища в районах питних водозаборів Environmental assessment of water quality in the Zaporizhzhia reservoir in areas of drinking water intakes
керівник роботи Домбровський К.О., доцент, к.б.н.
затверджена наказом ЗНУ від «28» березня 2025 року № 455-с
2. Строк подання студентом роботи листопад 2025 року.
3. Вихідні дані до роботи: польові дослідження.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1) визначити вміст деяких гідрохімічних показників у воді питних водозаборів Запорізького водосховища та порівняти їх із нормативними значеннями гранично допустимих концентрацій (ГДКр);

2) проаналізувати, які саме гідрохімічні показники води поверхневого водотоку перевищують нормативи ГДКр.;

3) оцінити якість води питних водозаборів Запорізького водосховища за значеннями індексу забруднення води та встановити клас якості води водойми;

4) на основі отриманих результатів розробити практичні рекомендації щодо покращення якості води у районах питних водозаборів та зменшення екологічного навантаження на водосховище.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових

креслень): 9 таблиць (2.1, 2.2, 3.1-3.7); 11 рисунків (2.1-2.11)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ім'я, по батькові та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Притула Н.М., доцент, к.с.г.н.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Огляд наукової літератури. Написання розділу роботи 1.	Квітень-Травень 2025 року	Виконано
2	Вивчення, засвоєння методик дослідження. Написання розділу роботи 2.	Червень 2025 року	Виконано
3	Засвоєння правил техніки безпеки під час виконання експериментальної частини. Написання відповідного розділу роботи.	Серпень 2025 року	Виконано
4	Проведення експериментальних досліджень. Оформлення результатів експерименту у розділі 3	Вересень-Жовтень 2025 року	Виконано
5	Оформлення кваліфікаційної роботи. Передзахист роботи.	Листопад 2025 року	Виконано
6	Рецензування кваліфікаційної роботи	Грудень 2025 року	Виконано
7	Захист кваліфікаційної роботи	Грудень 2025 року	Виконано

Студент _____ В.М. Ільченко

Керівник роботи _____ К.О. Домбровський

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Н.М. Притула

РЕФЕРАТ

У роботі 78 сторінок, 9 таблиць, 11 рисунків, використано 67 літературних джерел, з яких 21 – іноземною мовою.

Об’єктом дослідження є водна екосистема питних водозаборів Запорізького водосховища. Предметом дослідження виступає оцінка екологічного стану водозаборів за гідрохімічними показниками шляхом визначення індексу забруднення води (ІЗВ). Метою магістерської роботи є оцінка екологічного стану поверхневих вод питних водозаборів Запорізького водосховища на основі аналізу рівня їх забрудненості за певними гідрохімічними показниками.

Методи досліджень: теоретичні (аналіз і систематизація наукових джерел з питань гідроекології, охорони водних ресурсів та методів оцінки якості води), емпіричні (опитування, розрахунок індексу забруднення води (ІЗВ), порівняльний аналіз гідрохімічних показників із нормативами ГДК), статистичні та аналітичні методи узагальнення результатів моніторингу.

Визначено концентрації основних гідрохімічних показників (сульфатів, амонію, нітратів, нітритів, $БСК_5$ та розчиненого кисню) у воді п’яти основних пунктів спостереження Запорізького водосховища. Отримані дані порівняно з ГДК для водойм питного призначення. Розраховано індекс забруднення води (ІЗВ) та визначено клас якості води в кожному пункті спостереження. Встановлено, що більшість проб відповідає ІІ класу якості – «чиста вода», однак у окремі періоди (лютий, березень, вересень) спостерігалося підвищення ІЗВ до ІІІ класу – «помірно забруднена».

ІНДЕКС ЗАБРУДНЕННЯ ВОДИ, ЯКІСТЬ ВОДИ, ГІДРОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ, ГДК, ПИТНІ ВОДОЗАБОРИ, АНТРОПОГЕННЕ НАВАНТАЖЕННЯ, ЗАПОРІЗЬКЕ ВОДОСХОВИЩЕ, ЕКОМОНІТОРИНГ

ABSTRACT

The thesis comprises 78 pages and includes 9 tables, 11 figures, and 67 literary sources, 21 of which are in foreign languages.

The object of the study is the aquatic ecosystem of the drinking water intakes of the Zaporizke (Zaporizhzhia) Reservoir. The subject of the study is the assessment of the ecological state of the water intakes based on hydrochemical indicators by determining the Water Pollution Index (WPI). The aim of the master's thesis is to assess the ecological state of surface waters at the drinking water intakes of the Zaporizke Reservoir based on the analysis of pollution levels determined by specific hydrochemical parameters.

Research methods include: theoretical methods (analysis and systematization of scientific sources on hydroecology, water resource protection, and water quality assessment methods), empirical methods (surveying, calculation of the Water Pollution Index (WPI), comparative analysis of hydrochemical indicators with MAC standards), as well as statistical and analytical methods for summarizing monitoring results.

Concentrations of key hydrochemical indicators (sulfates, ammonium, nitrates, nitrites, BOD_5, and dissolved oxygen) were determined at five main monitoring points of the Zaporizke Reservoir. The obtained data were compared with the Maximum Allowable Concentrations (MAC) for drinking water bodies. The Water Pollution Index (WPI) was calculated, and the water quality class was determined for each monitoring point. It was found that most samples correspond to Class II water quality – "clean water"; however, during certain periods (February, March, and September), an increase in WPI to Class III – "moderately polluted" – was observed.

WATER POLLUTION INDEX, WATER QUALITY, HYDROCHEMICAL INDICATORS, MAC, DRINKING WATER INTAKES, ANTHROPOGENIC PRESSURE, ZAPORIZHZHIA RESERVOIR, ECO-MONITORING

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І ОДИНИЦЬ……7
ВСТУП ……..…..8
1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ …….……12
1.1 Екологічна безпека питного водопостачання як складова сталого розвитку людства ……..12
1.2 Оцінка якості води поверхневих водних об’єктів 15
1.2.1 Загальні відомості щодо показників якості вод ……....15
1.2.2 Методи аналізу якості вод ...…….....…….....19
1.3 Аналіз нормативних документів, що регламентують якість питної води в Україні…….23
1.4 Антропогенний вплив на Запорізьке водосховище……..25
1.4.1 Чинники антропогенного навантаження на екосистему Запорізького водосховища……...25
1.4.2 Сучасний гідроекологічний стан та якість води в Запорізькому водосховищі…28
2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ …….....32
2.1 Характеристика досліджуваного об'єкта……32
2.2 Короткий опис методів досліджень……33
2.3 Аналіз опитування проведеного за допомогою гугл-форми……37
2.4 Методи оцінки якості поверхневих вод Запорізького водосховища ……..43
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА……..…….47
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ…….59
4.1. Охорона праці при відборі та транспортуванні проб……..59
4.2. Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях……...63
4.3. Організація безпечного робочого місця……63
ВИСНОВКИ…….....65
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ…….……..67
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ…….69

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І ОДИНИЦЬ

БСК – біохімічне споживання кисню.

$БСК_5$ – біохімічне споживання кисню за 5 діб.

ХСК – хімічне споживання кисню.

ГДК – гранично допустима концентрація.

ІЗВ – індекс забруднення води.

pH – водневий показник (показник кислотності води).

Ca^{2+} – іони кальцію.

Mg^{2+} – іони магнію.

Na^{+} – іони натрію.

Cl^{-} – хлорид-іони.

SO_4^{2-} – сульфат-іони.

NO_3^{-} – нітрат-іони.

NO_2^{-} – нітрит-іони.

NH_4^{+} – амоній-іони.

ЛКП – лактозопозитивні кишкові палички (мікробіологічний показник).

в/з – водозабір (питний водозабір).

ВП – виробничий підрозділ.

ПАТ – публічне акціонерне товариство.

мг/дм³ – міліграм на кубічний дециметр (одиниця концентрації).

мг/л – міліграм на літр

ВСТУП

Забезпечення якісної питної води є одним із найважливіших завдань екології та управління водними ресурсами [1]. В умовах швидкого розвитку промисловості, урбанізації, інтенсифікації аграрної діяльності та особливо під час воєнних дій, що охопили територію України, водні ресурси країни піддаються інтенсивному забрудненню. Вплив цих факторів призводить до значного зростання навантаження на екосистеми, зокрема на водні об’єкти, які виконують критично важливі функції в житті суспільства. Забруднення хімічними та біологічними речовинами має безпосередній вплив на екологічний стан водойм та безпеку питного водопостачання [1-3].

Проблема якісного водопостачання набуває особливої актуальності в умовах воєнного конфлікту. Воєнні дії на території України створюють додаткові серйозні загрози для стану водних ресурсів, адже руйнування інфраструктури, обстріли промислових об’єктів і комунікацій, а також випадки хімічного, біологічного та навіть радіологічного забруднення можуть спричинити суттєве погіршення якості води. Це, в свою чергу, створює загрозу для здоров’я населення, що проживає у зонах водозаборів [4, 5].

Одним із таких стратегічно важливих водних об’єктів є Запорізьке водосховище, яке забезпечує питною водою велику частину населення регіону, є джерелом для зрошення сільськогосподарських земель і виконує функції промислового водопостачання. Його екологічний стан впливає не тільки на якість життя місцевого населення, а й на стабільність функціонування регіональної економіки [4, 6, 7].

У водозаборах Запорізького водосховища здійснюється водопостачання для значної частини населення регіону, а також інших споживачів, тому підтримка екологічного стану цього об’єкта є питанням національної безпеки. Водночас постійне навантаження на водосховище сприяє накопиченню забруднюючих речовин, таких як важкі метали, пестициди, залишки побутових і промислових стоків,

що в свою чергу впливає на якість води. З погіршенням екологічного стану водойми зростають ризики для здоров’я населення, а також порушується біологічне різноманіття водних екосистем [1, 2, 4].

Актуальність дослідження полягає в необхідності забезпечення якісної питної води для населення Запорізького регіону в умовах значного антропогенного навантаження на водосховище. Проблема якості води у районах питних водозаборів Запорізького водосховища є вкрай актуальною, оскільки низька якість питної води може призвести до серйозних наслідків для здоров’я населення, викликати поширення інфекційних захворювань, збільшення випадків онкологічних захворювань та алергічних реакцій. Крім того, водне середовище відіграє значну роль у підтримці біологічного різноманіття та екологічного балансу регіону. Забруднення води шкодить екосистемам, знижує продуктивність природних біоценозів та порушує стійкість екосистем до змін зовнішнього середовища [4, 5,7].

Сучасні виклики, пов'язані з інтенсивним навантаженням на Запорізьке водосховище, потребують впровадження комплексних заходів екологічного моніторингу та управління водними ресурсами. Підтримка належного екологічного стану цього водного об’єкта є питанням національної безпеки. Розробка і впровадження програм з очищення стоків, скорочення антропогенного навантаження, регулярного моніторингу якості води та зменшення забруднень стане важливим кроком для забезпечення якісною питною водою населення, захисту екосистеми Запорізької області, а також оптимізації водних ресурсів з урахуванням потреб різних галузей економіки. Дослідження щодо екологічного оцінювання якості води Запорізького водосховища може стати основою для розробки ефективних методів захисту водозаборів і стабілізації екологічної ситуації [6, 8, 9].

Метою кваліфікаційної роботи є оцінка екологічного стану поверхневих вод питних водозаборів Запорізького водосховища на основі аналізу рівня їх забрудненості за певними гідрохімічними показниками.

Для досягнення поставленої мети були визначені наступні *завдання*:

1) Визначити вміст деяких гідрохімічних показників у воді питних водозаборів Запорізького водосховища та порівняти їх із нормативними значеннями гранично допустимих концентрацій (ГДКр);

2) Проаналізувати, які саме гідрохімічні показники води поверхневого водотоку перевищують нормативи ГДКр.;

3) Оцінити якість води питних водозаборів Запорізького водосховища за значеннями індексу забруднення води та встановити клас якості води водойми;

4) На основі отриманих результатів розробити практичні рекомендації щодо покращення якості води у районах питних водозаборів та зменшення екологічного навантаження на водосховище.

Об'єктом дослідження є питні водозабори Запорізького водосховища.

Предмет дослідження – оцінка якості води на досліджуваному водному об'єкті.

Методи дослідження. При оцінці якості води було застосовано метод оцінки якості води за індексом забруднення води (ІЗВ).

Дана робота спрямована на дослідження екологічного стану води у конкретних районах питних водозаборів, що дозволить більш точно оцінити рівень забруднення та його вплив на споживачів. *Наукова новизна* полягає в тому, що спираючись на 6 гідрохімічних показників вперше була проведена оцінка якості води в районах 5 питних водозаборів Запорізького водосховища за допомогою використання індекса забруднення води.

Отримані результати можуть бути використані при розробці регіональних програм охорони водних ресурсів, а також впровадженні у практичній діяльності підприємств, що здійснюють водозабір.

Результати експериментальних досліджень кваліфікаційної роботи магістра можуть бути використані у змісті навчальних дисциплін:

- екологічний менеджмент;
- екологічний моніторинг;
- корпоративна соціальна відповідальність підприємств;

- сертифікація та стандартизація.

Матеріали дослідження і проміжні результатами були представлені на конференціях різного рівня, у 4 друкованих працях опубліковано тези:

1) Домбровський К. О., Ільченко В. М. Аналіз тенденцій змін якості питної води м. Запоріжжя в умовах воєнного стану. The 12th International scientific and practical conference «Perspectives of contemporary science: theory and practice» (January 13-15, 2025) Lviv: SPC «Sci-conf.com.ua», 2025. С. 63-69. URL: https://sci-conf.com.ua/xii-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-perspectives-of-contemporary-science-theory-and-practice-13-15-01-2025-lviv-ukrayina-arhiv/

2) Домбровський К. О., Ільченко В. М. Якість води Запорізького регіону: екологічні виклики сьогодення. Актуальні проблеми та перспективи розвитку природничих, медичних та фармацевтичних наук: Збірник матеріалів XI регіональної, I Всеукраїнської науково-практичної конференції. (Запоріжжя, 26 квітня 2025 р.). Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2025. С. 27-28.

3) Домбровський К. О., Ільченко В. М. Оцінка екологічного стану поверхневих вод Запорізького водосховища за деякими гідрохімічними показниками. Scientific Collection «InterConf+», 54(236): with the Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference «Modern Knowledge: Research and Discoveries» (February 19-20, 2025; Vancouver, Canada). Vancouver : A.T. International, 2025. С. 456-462. URL: https://archive.interconf.center/index.php/2709-4685/issue/view/19-20.02.2025/246.

4) Домбровський К. О., Ільченко В. М. Екологічна оцінка якості поверхневих вод Запорізького водосховища за показниками кисневого режиму. Всеукраїнська науково-практична конференція за участю молодих учених та здобувачів вищої освіти «Актуальні питання суспільства у сферах екологічної та цивільної безпеки, енергозбереження, менеджменту та економіки». (Запоріжжя, 28-30 жовтня 2025р.). Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2025.

1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Екологічна безпека питного водопостачання як складова сталого розвитку людства

Для того щоб забезпечити тривалий розвиток людства на планеті з обмеженими ресурсами, необхідно уникати їх виснаження та не перевищувати природну здатність Землі до самовідновлення. Саме на цьому грунтується стратегія сталого розвитку. Тобто, поряд із економічним зростанням, що забезпечує матеріальний добробут, захист і збереження навколишнього середовища є обов'язковою умовою для оптимістичного майбутнього людства у довгостроковій перспективі. Це особливо актуально до моменту, коли людство не досягне рівня космічної цивілізації з доступом до ресурсів інших планет і використанням енергії зірок. Однак навіть тоді буде недостойно виснажувати ресурси рідної планети або перетворювати її на смітник перед колонізацією інших світів.

Третьою ключовою складовою сталого розвитку є соціальний розвиток. Це очевидно адже жодне суспільство чи людство загалом не може бути стабільним і сталим, доки між його членами існує значна матеріальна та соціальна нерівність, а частина людей стикається з такими ризиками, як голод, нестача питної води, хвороби та інші загрози.

Деякі дослідники додають до цієї стратегії й інші елементи, наприклад, ефективне управління чи культуру, які не завжди охоплюються соціальною складовою. Але навіть у межах трьох «класичних» компонентів сталого розвитку – економічного, екологічного та соціального – стратегія вимагає системного підходу, який враховує взаємозалежності та складну динаміку між цими елементами. Важливо пам'ятати, що кожна зі складових є складною системою, яка постійно змінюється, тому системний аналіз стає основою сталого розвитку [10].

Нераціональне використання природних ресурсів та їх недостатнє відтворення призвели наприкінці 20-го століття до серйозних деструктивних процесів, які

створюють реальну загрозу для існування людства. Отримавши унікальне місце для життя, люди протягом тисячоліть безжально експлуатували природні дари, не замислюючись, що природа теж може виснажитися [10, 11].

Наслідком цього стали глобальні екологічні кризи, зокрема, потепління клімату, руйнування озонового шару, забруднення довкілля, опустелювання, кислотні дощі та втрата біорізноманіття. За час свого існування людство знищило більше родючих ґрунтів, ніж наразі використовується для обробітку, а площа пустель неухильно зростає. Згідно з оцінками вчених, за історію свого розвитку людство втратило дві третини лісів. Особливо тривожна ситуація з вологими тропічними лісами, які є основним джерелом генетичних ресурсів. Екологи підрахували, що за останні 40 років знищено близько половини таких лісів [11, 12].

Безпечна питна вода є надзвичайно важливою для життя та людського розвитку, оскільки вода є «необхідною умовою» майже для будь-якої людської діяльності та необхідною для сталого розвитку. Негативний вплив небезпечної води на здоров’я, національну продуктивність, якість життя та соціально-економічний розвиток є величезним. Це пояснюється тим, що вода є вирішальним компонентом виживання людини з точки зору безпеки, соціально-економічної діяльності, яка включає транспорт, сільське господарство, виробництво, внутрішнє та зовнішнє споживання та підтримку здорових екосистем [13, 14].

Вода є життєдайним ресурсом для біосфери та всього планетарного життя, який повинен забезпечуватися в достатній кількості, рівномірно розподілятися, бути надійним, доступним для всіх, чистим, безпечним і придатним для використання [15]. Коли безпечна та чиста вода розподіляється рівномірно, а попит на неї залишається нижчим, ніж наявна пропозиція, це швидко сприяє експоненціальному зростанню, яке підтримує соціальний та економічний розвиток, забезпечує національну безпеку, сприяє розвитку та підтримці здорових екосистем у різних сферах життя в будь-якому регіоні світу [16, 17]. Коли якість води є задовільною, вона стає основним показником гарного здоров’я населення, добробуту суспільства та вирішальним елементом швидкого розвитку країни. З іншого боку, коли вода забруднена, вона стає

транспортним засобом захворювань і потенційно загрожує людині, таким чином впливаючи на індивідуальну продуктивність [18, 19]. За даними ВООЗ [20], близько 1,1 мільярда людей споживають небезпечну воду в усьому світі, що спричиняє приблизно 1,7 мільйонів смертей у світі щорічно (приблизно 3,1%) з потенційним річним тягарем інвалідності 54,2 мільйонів (~3,7%). Це вимагає надання безпечної води та базових санітарно-гігієнічних процедур, пов’язаних з водою.

Наявність достатніх запасів води та вільний доступ до них є важливими передумовами для здоров’я, достатнього харчування та соціально-економічного розвитку. Прогнозована зміна клімату, ймовірно, збільшить вимірний стрес для водних ресурсів світу. У роботі над покращенням якості життя та досягненням цілей сталого розвитку вода є ключовим питанням, навколо якого багато обертаєтьсях [11].

Крім внеску в економічний розвиток, водний сектор є надзвичайно важливим для успішної реалізації інших аспектів національного зростання через його взаємопов’язану актуальність з іншими секторами розвитку, такими як домашнє господарство, охорона здоров’я, сільське господарство та продовольство, енергетика, промисловість та виробництво, охорона навколишнього середовища, освітні, правові та політичні на місцевому, національному, регіональному та міжнародному рівнях [10, 21].

Коли джерела питної води, такі як річки, водоносні горизонти та підземні води річок, стають сильно забрудненими, регіони, розташовані нижче за течією, зазвичай зазнають втрат економічного зростання в межах від 0,8 до 2,0 відсотків економічного зростання. Це пояснюється тим, що економічне зростання та забруднення води нерозривно пов’язані. Якісна вода сприяє розвитку національної економіки, тоді як її погіршення може негативно вплинути на різні сектори. У сфері охорони здоров'я це знижує продуктивність праці через погіршення стану населення, у сільському господарстві – призводить до скорочення обсягів і погіршення якості продовольства. Також страждають галузі туризму, нерухомості, аквакультури та рибальства, які залежать від чистоти довкілля та екосистемних послуг [22]. Безсумнівно, якість води тісно пов’язана зі сталим розвитком, впливаючи не лише на його соціальні,

економічні та екологічні аспекти. Безпечна вода відіграє ключову роль у розв'язанні глобальних проблем, таких як охорона здоров'я, забезпечення продовольчої та енергетичної безпеки, урбанізація, промисловий розвиток і зміни клімату.

За останні декілька десятиліть близько 2,3 мільярда людей отримали доступ до покращеної питної води, що вказує на величезні успіхи і правильний вектор розвитку [23-25].

Таким чином, сталий розвиток ґрунтується на гармонійному поєднанні економічної, екологічної та соціальної складових, адже жодна з них не може забезпечити стабільне майбутнє окремо. Нераціональне використання природних ресурсів, особливо води, вже спричинило масштабні глобальні кризи, що загрожують здоров'ю людей, екосистемам та економічному зростанню. Вода виступає ключовим фактором виживання, добробуту та розвитку, а її забруднення суттєво уповільнює прогрес у багатьох секторах. Забезпечення доступу до безпечної питної води, раціональне управління водними ресурсами та впровадження принципів сталого розвитку є необхідними умовами для стабільного, здорового та процвітаючого майбутнього людства.

1.2 Оцінка якості води поверхневих водних об'єктів

1.2.1 Загальні відомості щодо показників якості води

Оцінка якості води у поверхневих водних об'єктах, таких як річки, озера, ставки та водосховища, є ключовим елементом екологічного моніторингу. Вона дозволяє визначити стан водних ресурсів, рівень їх забруднення, ефективність природоохоронних заходів, а також оцінити вплив людської діяльності на довкілля.

Екологічна оцінка якості води є основою для аналізу змін у її стані в часі та просторі, визначення впливу антропогенного навантаження на екосистеми водних об'єктів і вивчення динаміки водних ресурсів. Вона також сприяє вирішенню

економічних та соціальних питань, пов’язаних із охороною довкілля, інформуванню громадськості та визначенню впливу діяльності людини на навколишнє середовище [6, 7].

Крім того, результати такої оцінки використовуються для розробки водоохоронних регламентів і рекомендацій для кожного конкретного об’єкта, планування та реалізації заходів із захисту водних ресурсів, а також для аналізу їхньої ефективності [26, 27].

Екологічна оцінка якості води може бути двох типів: орієнтовна та ґрунтовна. Орієнтовна оцінка базується на разових вимірах окремих показників якості води, які найкраще характеризують екологічний стан водного об’єкта або його частини. Отримані значення порівнюють із критеріями якості води, наведеними у таблицях екологічної класифікації. На основі такого порівняння визначають категорії та класи якості води для кожного окремого показника. Водночас об'єднання результатів разових вимірів для створення узагальненої оцінки якості води не допускається. Остаточний клас і категорія води визначаються за показником, що має найнижчу якість (тобто найвищий номер категорії).

Ґрунтовна оцінка якості води виконується у чотири етапи:

1) Групування та обробка вихідних даних – підготовка інформації для подальшого аналізу.

2) Визначення класів і категорій за окремими показниками – аналіз кожного показника якості води відповідно до встановлених критеріїв.

3) Узагальнення оцінок за окремими показниками – об’єднання даних у блоки та визначення інтегральних класів і категорій якості води для кожного блоку.

4) Формування підсумкової оцінки – визначення класу і категорії якості води для всього водного об’єкта або його окремих ділянок на основі аналізу даних за певний період спостережень.

Таким чином, орієнтовна оцінка дає разові результати, а ґрунтовна дозволяє отримати цілісну характеристику якості води на основі системного аналізу [6, 26].

Якість води оцінюється за сукупністю фізичних, хімічних, біологічних і радіаційних характеристик, які визначають її придатність для різних видів використання, таких як питне, технічне, рекреаційне тощо. Головною метою контролю якості води є збереження здоров'я людей, охорона екосистем і попередження забруднення водних ресурсів [7, 8, 27].

Показники та нормативи якості води відіграють ключову роль у раціональному управлінні водними ресурсами, проведенні екологічного моніторингу та забезпеченні санітарно-гігієнічних умов для різних сфер споживання. Вони встановлюються для визначення можливості використання води в побутових, промислових, рекреаційних і природоохоронних цілях [27, 28].

Показники якості води поділяються на кілька груп залежно від їх особливостей. Залежно від того, що вони характеризують, показники можуть бути:

- загальними та специфічними;
- фізичними, хімічними та біологічними;
- простими, груповими та комплексними.

За функціональним призначенням показники класифікуються як основні та додаткові, а також лімітуючі (нормовані) та репрезентативні.

Крім того, за способом опису водного середовища, показники поділяють на кількісні, якісні та змішані.

Кількісні показники бувають абсолютними й відносними, розмірними та безрозмірними. Вони описують склад і властивості води числовими значеннями. Наприклад:

- Абсолютні (розмірні) показники, як-от концентрація речовини, зазвичай виражаються в одиницях виміру: мг/дм³, г/м³, рідше – мкг/дм³, нг/дм³.
- Концентрацію плаваючих домішок (зокрема нафтових плівок чи агрегатів) також виражають у таких одиницях, як мг/м², мкг/м², нг/м².

- Відносні (безрозмірні) показники використовуються, наприклад, для визначення солоності морської води у проміле (‰, або г/кг).

Якісні показники надають описовий (словесний) характер води. Наприклад, за ступенем токсичності вода може бути оліготоксобною, мезотоксобною або політоксобною.

Змішані показники поєднують числовий і описовий аспекти. Наприклад, «прісна» вода визначається як вода з мінералізацією до 1000 мг/дм³.

Один показник, що оцінює якість води загалом, зазвичай є якісним або змішаним. Наприклад, він може характеризувати загальний стан води.

Важливо зазначити, що один і той самий показник може належати до різних груп залежно від контексту. Далі наведено докладний розгляд цих груп.

Основні групи показників якості води:

1) Фізичні показники:

- Температура води: впливає на розчинність газів і солей, а також на біологічні процеси у водних екосистемах.

- Прозорість: визначається за допомогою секки-диска або фотометричних методів.

- Кольоровість: зумовлена наявністю гумусових речовин, розчинених органічних і мінеральних сполук.

- Запах і смак: оцінюються органолептичними методами.

- Мутність: показує наявність завислих частинок.

2) Хімічні показники:

- Водневий показник (pH): відображає кислотно-лужний баланс води (норма: 6,5-8,5 для питної води).

- Загальна жорсткість: визначається концентрацією іонів кальцію (Ca^{2+}) та магнію (Mg^{2+}).

- Вміст розчиненого кисню: критично важливий для життя гідробіонтів (не менше 4-6 мг/л).

- Хімічне споживання кисню (ХСК) і біохімічне споживання кисню (БСК): визначають кількість органічних речовин.

- Концентрація основних іонів: натрій (Na^+), хлориди (Cl^-), сульфати (SO_4^{2-}), нітрати (NO_3^-), амоній (NH_4^+).

- Токсичні речовини: важкі метали (ртуть, свинець, кадмій), пестициди, нафтопродукти.

3) Біологічні показники:

- Мікробіологічне забруднення: визначається кількістю бактерій групи кишкової палички (індекс ЛКП).

- Фітопланктон і зоопланктон: оцінюються за видовим складом і чисельністю.

- Присутність патогенних мікроорганізмів: особливо небезпечні віруси, бактерії (наприклад, холерний вібріон).

4) Радіологічні показники: вміст природних та техногенних радіоактивних ізотопів (цезій-137, стронцій-90 тощо), загальна α- та β-активність [26, 28].

1.2.2 Методи аналізу і оцінки якості вод

Для оцінки якості води використовуються різноманітні методи, які охоплюють фізичні, хімічні, біологічні та радіаційні (радіологічні) дослідження. Вони поділяються на польові, лабораторні та інструментальні.

Метод детального аналізу полягає в зіставленні виміряного (розрахованого) значення кожного показника (із усього набору) з його нормативом (ГДК). Оцінка, як

правило, двобальна: якщо хоча б один показник не відповідає нормативу, то вважається, що вода брудна; у іншому зворотньому випадку – чиста. При реалізації згаданого методу найчастіше використовуються або санітарно-гігієнічні, або рибогосподарські ГДК. Однак залежно від потреб користувача можуть застосовуватися й інші нормативи (відомчі, промислові тощо) [25, 28, 29].

Основні методи аналізу:

1) Фізичні методи:

- Визначення каламутності за допомогою нефелометрії.
- Вимірювання кольору за шкалою платиново-кобальтової системи.
- Визначення електропровідності води.
- Вимірювання температури і швидкості потоку.

2) Хімічні методи:

- Титриметричний аналіз застосовується для визначення вмісту жорсткості, лужності, вмісту хлоридів і сульфатів;
- Спектрофотометрія (аналіз органічних речовин, важких металів і інших забрудників);
- Хроматографія (аналіз нафтопродуктів, пестицидів, фенолів);
- Іонна хроматографія (визначення нітратів, нітритів, фторидів).

3) Біологічні методи:

- Визначення мікробіологічних показників (бактерій групи кишкових паличок, патогенних організмів).
- Аналіз біомаркерів у воді (фітопланктон, зоопланктон).

Радіаційний аналіз, що реалізується шляхом вимірювання активності радіонуклідів методом гамма-спектрометрії або сцинтиляційної спектрометрії.

4) Експрес-методи:

- Використання тест-смужок для швидкого визначення pH, нітратів, аміаку.

- Портативні аналізатори для визначення розчиненого кисню та органічного вуглецю [27, 29].

Також варто розглянути метод комплексних індексів, котрий є одним із найпоширеніших способів інтегральної оцінки якості води. Його суть полягає у зведенні великої кількості окремих показників якості води до одного числового значення – індексу якості води (Water Quality Index, WQI). Цей підхід дає змогу отримати узагальнену характеристику стану води, що спрощує моніторинг та прийняття рішень.

Комплексна оцінка якості вод використовується у випадках, коли необхідно простежити тенденцію просторово-часової зміни стану вод під впливом природних і антропогенних процесів, може бути використана так само для зіставлення стану водного середовища різних водних об'єктів [9, 28, 29].

Основні етапи розрахунку за даним методом включають:

1) Визначення переліку показників. Комплексні індекси, на основі яких здійснюється оцінка, розраховуються за всіма показниками якості вод або за їхніми частинами. Частіше до розрахунку включаються основні фізичні, хімічні та біологічні параметри води, такі як:

- pH;
- розчинений кисень;
- біохімічне споживання кисню (БСК);
- концентрація нітратів, амонію, фосфатів;
- важкі метали;
- каламутність і твердість.

2) Нормування показників: Значення кожного показника перераховуються у відносні величини, що враховують їх відповідність гранично допустимим

концентраціям (ГДК) або нормативам. Для цього використовуються формули нормалізації.

3) Розрахунок індексу: Індекс якості води обчислюється як середньозважена або геометрична сума нормованих показників. Інтерпретація результатів: На основі розрахованого індексу дається оцінка якості води. Наприклад:

- 0-25: Дуже низька якість.
- 26-50: Задовільна.
- 51-75: Посередня.
- 76-100: Висока якість.

Перевагами методу є: узагальнення великого масиву даних; універсальність і можливість використання в різних умовах; наглядність для прийняття рішень на рівні управління.

Проте цей метод має і недоліки, такі як залежність результатів від вибору показників і вагових коефіцієнтів та можлива втрата детальної інформації про окремі види забруднень.

Також існує низка комплексних індексів, а саме:

- Індекс забруднення вод (ІЗВ)
- Комбінаторний індекс забруднення
- Коефіцієнт забруднення χ
- Комплексний показник екологічного стану
- Узагальнений екологічний індекс ІЕ
- Узагальнений індекс стану вод (ІСВ) [29, 30, 32].

Отже, під час оцінювання впливу різних видів господарської діяльності на стан поверхневих вод і водні екосистеми насамперед враховують якість води, яка визначається за сукупністю фізичних, хімічних, санітарно-гігієнічних, токсикологічних, паразитологічних та радіологічних показників.

1.3. Аналіз нормативних документів, що регламентують якість питної води в Україні

Законодавство України у сфері питної води та питного водопостачання складається з Водного кодексу України, Кодексу України про надра, законів України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», Закону «Про питну воду та питне водопостачання» та інших нормативно-правових актів, що регулюють відносини у цій сфері [1-3, 6].

У ДСТУ 4808 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні і екологічні вимоги щодо якості води та правила вибирання» наведена класифікація якості поверхневих вод України – джерел централізованого питного водопостачання за гігієнічними і екологічними критеріями, що охоплює 80 показників, які застосовують для оцінювання якості питної води згідно з санітарним законодавством і включає сім окремих груп:

I група – 4 органолептичних показники;

II група – 17 загально-санітарних показників хімічного складу води;

III група – 6 гідробіологічних показників;

IV група – 6 мікробіологічних показників;

V група – 2 паразитологічних показники;

VI група – 9 показників радіаційної безпеки;

VII група – 36 пріоритетних токсикологічних показників хімічного складу води (серед яких: 25 – неорганічних та 11 – органічних компонентів) [32, 33].

В Україні якість питної води регулюється ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості», в якому реалізовано норми Закону України «Про питну воду та питне водопостачання», ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», основні вимоги Директиви Ради Європейського Союзу № 98/83 ЄС від 03.11.1998 р. про якість води, призначеної для споживання людиною, Керівних принципів забезпечення якості питної води

ВООЗ від 2011 р. і документа Комісії Аліментаріус «Загальний стандарт на розфасовані у пляшки/упаковані питні води (відмінні від мінеральних вод)» CODEX STAN 227-2001 [33, 34].

Також в Україні діє Водна рамкова директива ЄС (2000/60/ЕС), що регулює екологічну безпеку водних об’єктів. Відповідно до неї екологічний стан водойми оцінюється на основі трьох основних груп параметрів: гідробіологічних, гідрохімічних і гідроморфологічних [3, 6, 26].

У рамках державної системи моніторингу довкілля України оцінювання якості поверхневих вод ведеться окремо за гідрохімічними й гідробіологічними показниками [27, 33, 34].

1.4 Антропогенний вплив на Запорізьке водосховище

1.4.1 Чинники антропогенного навантаження на екосистему Запорізького водосховища

Якість води у водних об’єктах залежить як від природних умов, так і від впливу господарської діяльності людини. Інтенсивне використання водних ресурсів призводить до:

- зміни кількості води, придатної для різних сфер господарської діяльності,
- порушення водного балансу,
- зміни гідрологічного режиму водних об’єктів,
- погіршення якості води.

Це зумовлено тим, що більшість річок і озер одночасно виконують роль джерел водопостачання та місць скидання господарсько-побутових, промислових і сільськогосподарських стоків. Унаслідок цього у густо заселених районах світу

практично не залишилося великих річкових систем із природним гідрологічним режимом і хімічним складом, які б не зазнали впливу людської діяльності.

Основними видами господарської діяльності, які суттєво впливають на кількісний і якісний стан водних ресурсів, є:

- використання води для промислових і побутових потреб;
- скидання відпрацьованих вод;
- перерозподіл стоку;
- урбанізація;
- будівництво водосховищ;
- зрошення та зволоження посушливих земель;
- осушення територій;
- агролісові та меліоративні заходи.

У водозбірних районах ці фактори часто діють одночасно, якщо не всі, то більшість із них. Тому у водогосподарській діяльності, плануванні та регулюванні якості води необхідно враховувати вплив як кожного фактора окремо, так і їхній сукупний вплив.

Внаслідок антропогенного впливу відбувається забруднення природних вод, тобто змінюються їхній склад і властивості, що негативно впливає на якість води для подальшого використання. Тобто спостерігаються і якісні, і кількісні зміни водних ресурсів [35, 36].

Запорізьке водосховище є однією з найбільших водних систем України, створеною внаслідок побудови ДніпроГЕС. Воно виконує важливі економічні, екологічні та соціальні функції. Однак антропогенний вплив на його екосистему значно зріс через розвиток промисловості, сільського господарства, урбанізацію та рекреаційну діяльність. Дослідження чинників антропогенного навантаження дозволяє оцінити сучасний стан екосистеми водосховища та розробити рекомендації для її сталого управління [37].

Розглянемо основні чинники антропогенного впливу на водосховище:

1) Промислове забруднення.

Запорізька область є одним із найбільших промислових центрів України, де розташовані численні металургійні, хімічні, енергетичні та машинобудівні підприємства. Значна частина стічних вод цих підприємств потрапляє у водосховище без належної очистки, що спричиняє накопичення важких металів (кадмію, свинцю, ртуті), нафтопродуктів та токсичних хімічних сполук. Наслідком є погіршення якості води, загибель гідробіонтів, а також вплив на здоров'я населення, яке користується водою для побутових потреб [38].

2) Сільськогосподарське забруднення.

Прилеглі до водосховища території активно використовуються для вирощування сільськогосподарських культур. Використання мінеральних добрив і пестицидів призводить до їхнього змиву з полів у водосховище під час дощів або зрошення. Це сприяє розвитку евтрофікації, появі "цвітіння" води через інтенсивне розмноження синьо-зелених водоростей, що призводить до дефіциту кисню та деградації екосистеми.

3) Побутові стоки.

У населених пунктах, розташованих на берегах водосховища, побутові стічні води часто не проходять повного очищення. Це підвищує концентрацію органічних речовин, амонію, фосфатів і патогенних мікроорганізмів у воді. Забруднення побутовими стоками впливає на санітарний стан водойми, знижуючи її придатність для використання.

4) Урбанізація та забудова прибережних зон.

Активна урбанізація призводить до скорочення природних екосистем, зокрема заплав і заболочених територій, які виконують роль природних фільтрів. Забудова прибережних зон супроводжується руйнуванням рослинного покриву, ерозією ґрунтів та збільшенням обсягу твердих побутових відходів у водоймі.

5) Будівництво та експлуатація гідротехнічних споруд.

Створення дамб і гребель порушує природний гідрологічний режим. Знижується швидкість течії, змінюється температура води, а також режим відкладення донних осадів. Це впливає на структуру та функціонування водної екосистеми, зокрема на розмноження риб і самоочищення води.

6) Рекреаційне навантаження.

Запорізьке водосховище використовується для відпочинку, рибальства та туризму. Несанкціоновані місця відпочинку стають джерелами побутового сміття, яке потрапляє у воду. Надмірний вилов риби, зокрема браконьєрський, призводить до зниження чисельності іхтіофауни та дисбалансу в екосистемі.

7) Кліматичні зміни.

Глобальні кліматичні зміни також впливають на екосистему водосховища. Підвищення температури води, зміни у кількості опадів та їхній розподіл по сезонах сприяють зміні гідрологічного режиму, збільшенню випаровування та концентрації забруднювачів у воді [39, 40].

8) Вплив воєнного стану.

Останнім часом гідроекологічний стан ускладнюється через бойові дії в регіоні. У 2023 році було пошкоджено численні об’єкти інфраструктури водопостачання та водовідведення, що призвело до додаткового забруднення водосховища та ускладнило його відновлення. Більшість пошкоджень зафіксовано у Василівському та Пологівському районах Запорізької області, які перебувають у зоні постійних обстрілів. Через це проведення аварійно-ремонтних робіт на цих об’єктах наразі неможливе. Крім того, помітний вплив на стан водних об'єктів у регіоні внаслідок підриву греблі Каховської ГЕС [41].

Сукупний вплив перелічених чинників призводить до таких наслідків:

- зниження якості води, що ускладнює її використання для господарських і побутових потреб;

- деградації біорізноманіття, зокрема скорочення чисельності риб та інших водних організмів;

- накопичення токсичних речовин у воді та донних відкладах;
- зміни екологічного стану водосховища, яке втрачає свою здатність до самоочищення [35].

1.4.2 Сучасний гідроекологічний стан та якість води в Запорізькому водосховищі

Для дослідження екологічного стану водних об’єктів та оцінки впливу антропогенного навантаження на екосистеми цих об'єктів необхідно враховувати такі аспекти:

- рівень забруднення поверхневих вод точковими джерелами забруднення та ефективність технологій, які використовуються на підприємствах;
- забруднення, спричинене сільськогосподарською діяльністю, зокрема площинним змивом ґрунту з полів;
- організація моніторингу якості поверхневих вод у межах річкового басейну;
- технічний стан каналізаційних очисних споруд та наявність місцевих очисних систем у населених пунктах;
- дотримання режимів водоохоронних зон та прибережних захисних смуг;
- масштаби підтоплення населених пунктів та сільськогосподарських угідь;
- ступінь паспортизації водних об’єктів;
- наявність екологічно небезпечних об’єктів у межах басейну;
- вплив енергетичних комплексів на довкілля;

- стан природної структури ландшафтів у річковому басейні;
- площа розораності земель у межах басейну;
- характер і спрямованість господарської діяльності на території басейну;
- проблеми збереження біологічного та ландшафтного різноманіття, а також формування екомережі у басейні річки;
- обґрунтованість заходів залісення з урахуванням фізико-географічних умов території.

Такі показники є основою для комплексної оцінки стану водних ресурсів і визначення ефективних шляхів їх збереження та відновлення [35, 42].

Дніпро вважається найбільшою річкою України та третьою за розмірами річкою Європи, що забезпечує понад 70% потреб країни у прісній воді, враховуючи створені на ній водосховища. Гідроенергетичне будівництво, яке супроводжувалося створенням водосховищ, сприяло багатофункціональному використанню водних ресурсів і відіграло значну роль у економічному розвитку України. Однак формування водосховищ призвело до суттєвих змін у гідрологічному режимі річок, що негативно вплинуло на якість води. Внаслідок створення каскаду Дніпровських водосховищ виникли екологічні проблеми. Дніпро на великій відстані перетворився із швидкоплинної чистої річки на водозастійну забруднену водойму з ознаками озерного типу [43-45].

Дніпровські водосховища є ключовою складовою водогосподарського комплексу України. Каскад цих водосховищ розташований у густонаселених регіонах із високорозвиненою промисловістю та сільським господарством. Запорізьке водосховище, яке було створене у 1931-1932 роках, стало першим у каскаді. Його будівництво зробило Дніпро судноплавною річкою та забезпечило електроенергією промислово розвинений регіон. Нині це водосховище є внутрішньокаскадним, каньйоноподібним і відносно проточним, з великими глибинами в нижній частині. Воно служить основним джерелом водопостачання для Придніпровського регіону, при цьому частина використаної води повертається у вигляді стічних вод [45, 46].

Сучасний екологічний стан поверхневих водних об’єктів Запорізької області формується під значним антропогенним навантаженням діяльності господарюючих суб’єктів. Найбільший негативний вплив на стан водних ресурсів має сукупність факторів, котрі ми розглянули вище.

Запорізьке водосховище вирізняється найвищим рівнем антропогенного навантаження серед усіх Дніпровських водосховищ через значну кількість забруднювальних речовин промислового та комунально-побутового походження. Це призводить до складної гідрохімічної та токсикологічної ситуації, яка впливає на динаміку гідробіологічних процесів і загальний стан водних екосистем. У результаті спостерігається погіршення якості питної води.

У 2023 році зміни гідрологічного режиму Каховського водосховища внаслідок підриву греблі Каховської ГЕС, призвели до підвищення в десятки разів вмісту у воді річки Дніпро зважених, гумінових речовин, збільшення забарвленості річкової води і наявності великої кількості фіто- і зоопланктону. В 2023 році відмічався ріст кількості відхилень у пробах (як за мікробіологічними так і санітарно-хімічними показниками), відібраних у нижньому б’єфі. Цьому могло сприяти обміління русла р. Дніпро, зниження коефіцієнту розбавлення, потрапляння у річкову воду продуктів розкладання біологічних речовин річкової флори і фауни [46, 47].

Багаторічні результати гідроекологічного моніторингу Запорізького водосховища свідчать про наявність стабільних зон забруднення. У верхній частині водосховища виявлено підвищені концентрації важких металів і радіонуклідів, тоді як у нижній частині домінує забруднення біогенними речовинами. Значне накопичення важких металів і радіонуклідів у донних відкладах створює ризик вторинного забруднення води. Ці токсичні речовини здатні накопичуватися в живих організмах гідроекосистеми, зокрема в рибі та ракоподібних, що становить потенційну загрозу для здоров’я людей, які споживають ці продукти [46-48].

Якість води у Запорізькому водосховищі класифікується відповідно до різних національних та міжнародних стандартів і підходів. Ці класифікації базуються на фізико-хімічних, біологічних та санітарно-гігієнічних показниках [26, 32].

За ГДК вода Запорізького водосховища часто класифікується як 3-й клас, особливо через високий рівень азотистих сполук і евтрофікацію.

Запорізьке водосховище, за методикою інтегральних індексів (WQI), часто оцінюється у межах 26-50 балів, що відповідає задовільній якості.

За європейськими стандартами відповідно до Європейської Рамкової водної директиви Запорізьке водосховище має «задовільний» або «поганий» екологічний стан.

Класифікація за евтрофікацією базується на оцінці рівня біогенних речовин (азот, фосфор) та їх впливу на процеси цвітіння води. Запорізьке водосховище класифікується як евтрофна водойма, особливо в літній період.

В Україні використовують індекс забруднення води (ІЗВ), який враховує концентрацію шести показників, в тому числі розчинений кисень та біохімічне споживання кисню за 5 діб ($БСК_5$). Серед основних забруднювачів, котрі можуть враховуватись, є нітрати, нітрити, амоній, фосфати, нафтопродукти, важкі метали.

За цим методом, вода досліджуваного об'єкта має ІЗВ 2,6-3,5, що відповідає забрудненій воді.

Запорізьке водосховище, через інтенсивний антропогенний вплив і особливості гідрологічного режиму, має середній або поганий екологічний стан за більшістю класифікацій. Основними проблемами є евтрофікація, забруднення важкими металами та біогенами [35, 40, 42].

Антропогенне навантаження на екосистему Запорізького водосховища є комплексною проблемою, що вимагає впровадження сучасних методів моніторингу та управління водними ресурсами. Зменшення негативного впливу можливе за рахунок посилення контролю за скиданням стічних вод, раціонального використання природних ресурсів і впровадження інноваційних екологічних технологій у сільському господарстві та промисловості [49, 50].

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Характеристика досліджуваного об'єкта

В даній науково-дослідній роботі об'єктом дослідження є питні водозабори Запорізького водосховища, також відомого як Дніпровське водосховище [1].

Басейн Запорізького водосховища розташований у межах Придніпровської височини (на правобережжі) та Придніпровської низовини (на лівобережжі). Географічно басейн охоплює території, які належать до степової зони України. Правий берег характеризується крутим схилом і виходами кристалічних порід, тоді як лівий берег є пологим із широкими заплавами.

На правому березі переважають чорноземи, на лівому – алювіальні та лучні ґрунти. Рослинність належить до степової зони. Природна рослинність представлена ковилами, типчаком, проте значна частина території використовується для сільського господарства.

Протяжність цієї штучної водойми становить близько 129 км, ширина – до 7 км у найширших місцях. Площа поверхні водосховища дорівнює 410 км², об'єм води, котрий вміщує приблизно 3,3 км³, висота над рівнем моря – 35 м. Середня глибина водосховища 8 м, а максимальна глибина становить до 53 м у зоні водозабору ГЕС [52, 53, 54].

Клімат регіону помірно континентальний. Для нього характерні тепле літо і відносно м'яка зима. Середня температура липня: +22-24 °С, середня температура січня: -4–6 °С. Річна кількість опадів у регіоні становить 450-550 мм. Водосховище прогрівається влітку до +24-26 °С. У зимовий період температура води знижується до +0,5-2 °С, іноді формується криговий покрив (лише в суворі зими).

Річка Дніпро є головною водною артерією басейну. Основні притоки, які впадають у Запорізьке водосховище: Самара, Вовча, Мокра Сура. Водосховище має важливе значення для регулювання стоку Дніпра.

Гідрологічний режим водосховища контролюється гідроелектростанцією, що впливає на сезонні коливання рівня води. Типові коливання рівня води: 1,5-2 м між зимовим і літнім періодами.

Середньорічний стік через водосховище складає близько 53 км³. Максимальний стік спостерігається в період весняного водопілля (квітень-травень) [54, 55].

Екологічний стан об'єкту описаний в попередньому розділі. Запорізьке водосховище зазнає антропогенного впливу через скиди стічних вод промислових підприємств і сільськогосподарську діяльність. Основні проблеми – це:

– евтрофікація (цвітіння води через надмірний вміст поживних речовин);

– забруднення пестицидами, органічними речовинами та важкими металами;

– зміна гідрологічного режиму через зарегульованість стоку [56-59].

2.2 Короткий опис методів дослідження

Дослідження екологічних, соціальних чи наукових явищ базуються на чіткому виборі та поєднанні загальнонаукових і спеціальних методів, котрі забезпечують досягнення цілей і завдань роботи. Вибір методів дослідження залежить від специфіки теми наукової роботи та її завдань. Методи дослідження поділяються на кілька категорій, які розглянемо детальніше [60].

Загальнонаукові методи широко використовуються в різних галузях науки та підходять для виконання загальних завдань дослідження. До них належать:

- Спостереження: систематичне та цілеспрямоване збирання інформації про об’єкт чи явище;
- Порівняння: виявлення спільних і відмінних характеристик між явищами чи об’єктами;

- Експеримент: активне втручання у процес або явище для дослідження його властивостей;

- Узагальнення: формулювання висновків на основі аналізу конкретних фактів;

- Аналіз і синтез: розчленування об’єкта на складові (аналіз) та об'єднання елементів у ціле (синтез);

- Індукція і дедукція: логічні методи, які дозволяють отримувати загальні (індукція) або конкретні (дедукція) висновки;

- Аналогія: використання подібностей між об’єктами для висновків про їх властивості;

- Моделювання: створення спрощеної моделі об’єкта для вивчення його основних властивостей;

- Абстрагування та конкретизація – відволікання від несуттєвих характеристик та дослідження об’єкта в конкретних умовах відповідно.

Спеціальні методи – методи, що засновані на загальнонаукових принципах, але застосовуються для вирішення специфічних завдань у певних галузях. Наприклад:

- Екологічні методи: моніторинг, біотестування, аналіз середовища;

- Гідробіологічні методи: дослідження стану водних екосистем, оцінка біорізноманіття, вимірювання рівнів токсичності;

- Біоінформатика: аналіз геномних даних, моделювання популяцій, візуалізація екологічних даних.

Також існують теоретичні та емпіричні методи досліджень.

Теоретичні методи базуються на формуванні наукових гіпотез, розробці теорій і законів, а також логічному зіставленні різних концепцій. Основні теоретичні методи включають:

- Аналіз: вивчення об’єкта шляхом поділу на складові частини. Наприклад, системний аналіз дозволяє дослідити об'єкт як цілісну систему, враховуючи всі взаємозв'язки між його елементами.

- Синтез: поєднання частин об’єкта для вивчення його як цілісної структури.

- Моделювання: заміна складного об’єкта його спрощеним аналогом (матеріальна модель, цифрова модель).

- Абстрагування: виокремлення загальних рис об’єкта, відкинувши другорядні характеристики.

- Конкретизація: дослідження об’єкта в конкретних умовах його існування.

Натомість емпіричні методи базуються на безпосередньому дослідженні реальних явищ і включають:

- Спостереження: вивчення явищ без втручання у процеси.

- Експеримент: перевірка гіпотез через активний вплив на об'єкт.

- Опитування: збір інформації від безпосередніх носіїв проблеми через інтерв’ю, анкетування чи бесіди.

- Моніторинг: постійне спостереження за станом явищ або процесів.

- Аналіз документів і джерел: отримання даних із текстів, архівів, фото- і відеоматеріалів.

Описові методи передбачають детальний опис і аналіз об’єкта дослідження. Це одні із найдавніших наукових підходів, що залишаються актуальними і сьогодні, відіграючи важливу роль у проведенні наукових досліджень. Опис об'єктів, явищ або процесів здійснюється на основі даних, отриманих шляхом спостережень.

Дослідження еволюції явищ та об’єктів у контексті їх історичного розвитку.

Існують такі різновиди історичного методу:

– Порівняльно-історичний метод: аналіз змін у розвитку об’єктів через зіставлення їхніх характеристик.

– Архівне дослідження: використання історичних документів і джерел.

Окремо варто згадати класифікацію як процес упорядкування об’єктів за певними критеріями та типологізацію, тобто виявлення подібностей і відмінностей між об’єктами чи явищами.

Існує також багато додаткових методик досліджень, що можуть активно використовуватися в практиці, наприклад:

1) Географічний підхід. Використовується в екологічних дослідженнях для оцінки впливу антропогенних чинників на території. Включає аналіз картографічних даних, просторовий аналіз, ГІС-технології.

2) Статистичний аналіз. Використовується для обробки великих масивів даних. До таких методів належать регресійний аналіз, кореляція, факторний аналіз.

3) Машинне навчання та моделювання. Сучасні підходи дозволяють використовувати комп’ютерні алгоритми для прогнозування екологічних процесів, зокрема динаміки популяцій або поширення забруднювачів.

4) Соціологічні методи. У дослідженнях, пов’язаних із впливом людини на природу, використовуються опитування, анкетування, рейтинги для оцінки екологічної свідомості населення.

5) Лабораторні методи. Аналіз фізико-хімічних властивостей води, повітря або ґрунту. Включає спектрометрію, хроматографію, визначення концентрацій токсичних речовин тощо.

Поєднання теоретичних, емпіричних і описових методів дозволяє отримати комплексне уявлення про об'єкт дослідження, його властивості та взаємодії. У сучасній науці особливого значення набувають інноваційні підходи, такі як цифрове моделювання та аналіз великих даних, що забезпечують точність і прогностичність досліджень [60, 61].

2.3 Аналіз опитування проведеного за допомогою гугл-форми

У нашому дослідженні ми використали один з найпопулярніших методів, що застосовується в сучасних дослідженнях. Ми провели опитування на тему: «Екологічна безпека питного водопостачання як складова сталого розвитку людства». Опитування було анонімним, респонденти були проінформовані про публікацію даних у кваліфікаційній роботі. Отримані результати ми проаналізували і надаємо опис даних далі.

Спочатку учасників опитування з гугл-форми ми дослідили за демографічними показниками, а саме за статтю, віком та рівнем освіти.

Вибірка респондентів включає мешканців Запорізького регіону і становить 30 осіб, серед яких 56,7% чоловіків і 43,3% жінок (рис. 2.1).

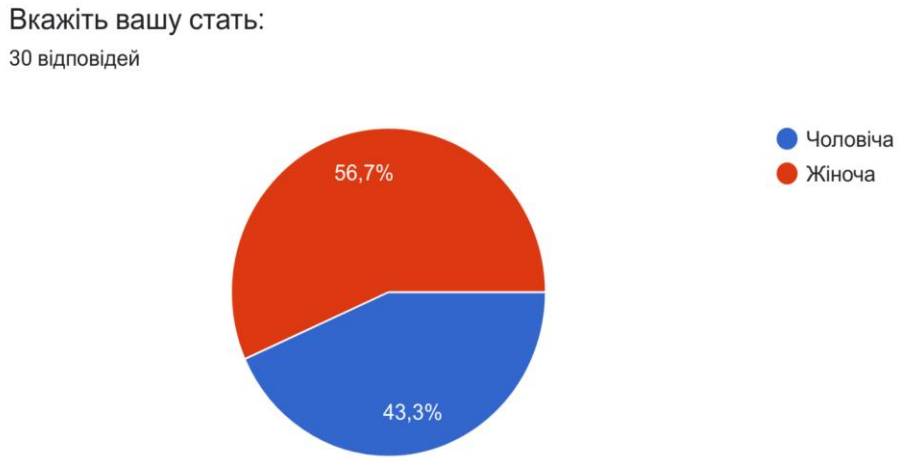


Рис. 2.1 – Співвідношення респондентів за статтю

За віком респонденти розподілились таким чином, що серед них є представники кожної вікової категорії, а саме від 18 і понад 60 років (Рис. 2.2). Важливо, що жоден віковий проміжок суттєво не переважає над іншим, що вказує на якісну вибірку респондентів і можливість повноцінно розглядати отримані результати опитування в подальшому.

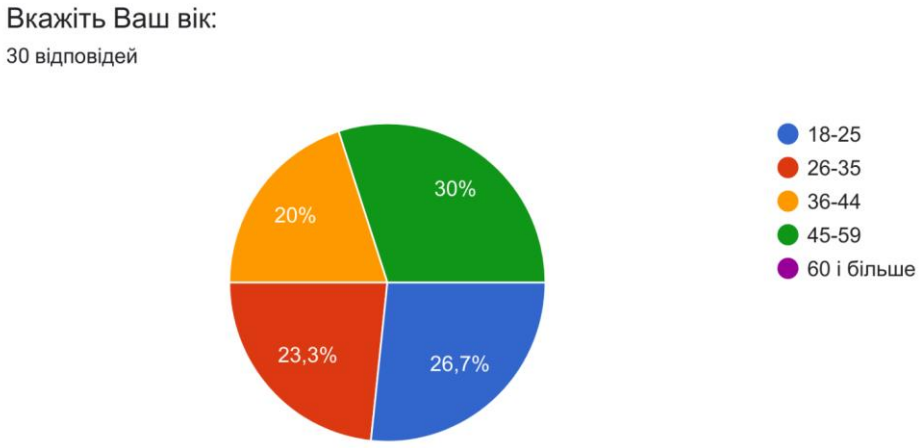


Рис. 2.2 – Співвідношення респондентів за віком

При виборі рівня освіти більшість опитуваних вказали, що мають вищу освіту. Проте вибірка респондентів досить різноманітна, оскільки серед них є як і студенти, так і наукові працівники (Рис. 2.3).

У нашому опитуванні основними питаннями є ті, що стосуються теми нашого дослідження. Розглянемо їх.

Першим питанням ми встановили, як мешканці Запоріжжя умовно оцінюють якість питної води. Більше 50% респондентів вказали, що вода має «низьку» якість, близько 40% вказали на «задовільну», а частина опитуваних зазначила «дуже низьку» якість питної води (рис. 2.4).

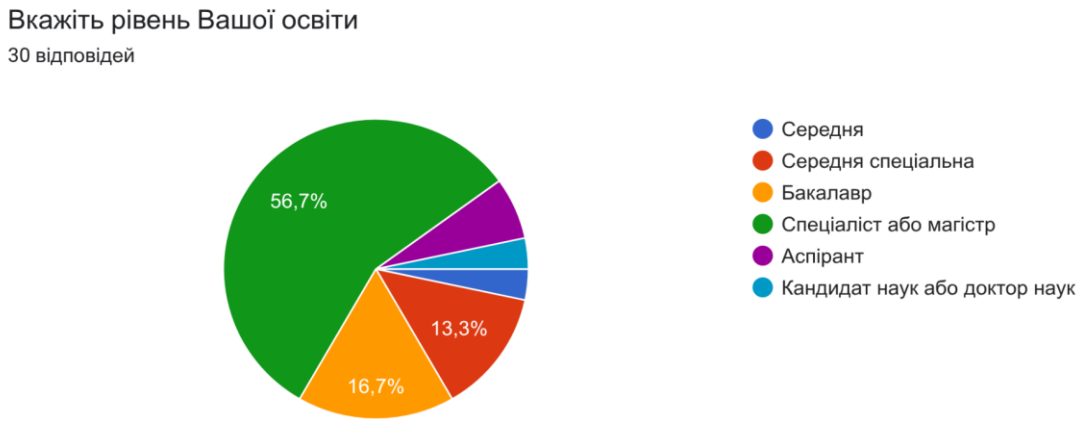


Рис. 2.3 – Співвідношення респондентів за рівнем освіти

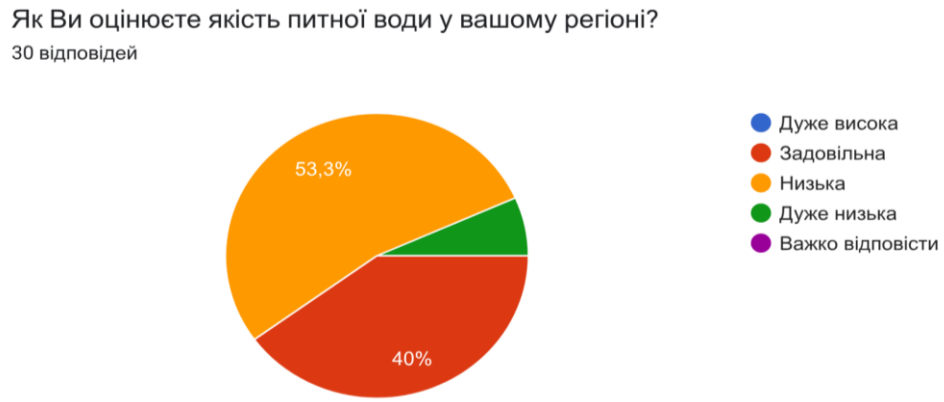


Рис. 2.4 – Оцінювання якості води респондентами

Для підтвердження актуальності оцінювання якості води у місцях водозабору досліджуваного об’єкта варто розглянути наступне питання (рис. 2.5).

Відповіді опитуваних вказують на те, що понад 50% жителів користуються центральним водопостачанням як джерелом питної води. Інша частина опитуваних користується у побуті бутильованою водою. Цей факт вказує на те, що люди вимушені купувати питну воду через незадовільну якість води, що надходить їм через водопровід.



Рис. 2.5 – Розподіл респондентів за джерелом питної води у побуті

Фактори впливу на Запорізьке водосховище різноманітні, особливо негативним є антропогенне навантаження, що представлене різними джерелами забруднення питної води (рис.2.6). Так вказали і учасники опитування. Основним джерелом

забруднення серед вказаних варіантів, на думку респондентів, є промислові відходи. Цей варіант відповіді вказали більше 90% опитуваних. Також великий вплив на якість питної води мають побутові стоки, низька якість водопровідних мереж, недостатній рівень моніторингу та вплив воєнного стану. Найменший вплив мають сільськогосподарські хімікати та природні фактори (наприклад, геохімічний склад).

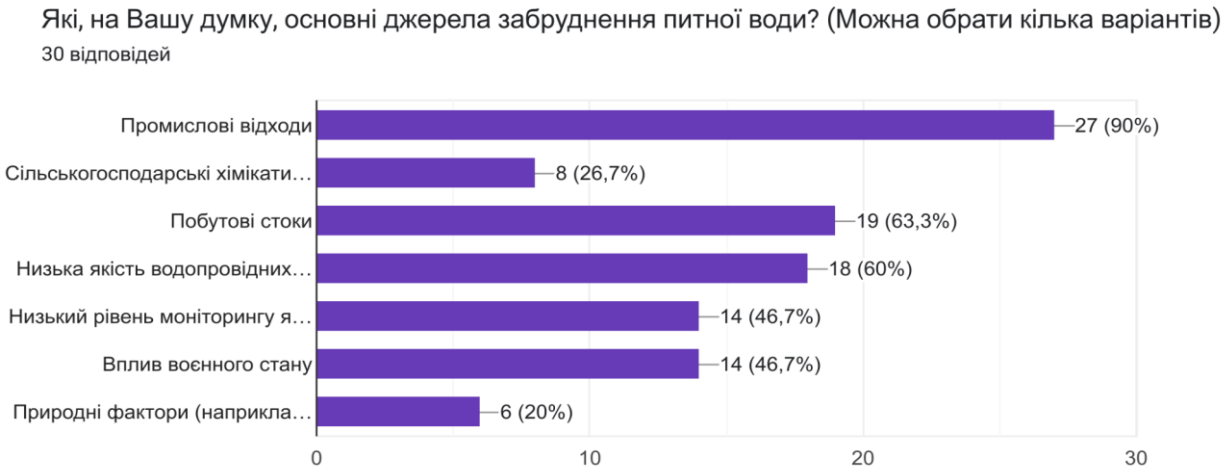


Рис. 2.6 – Розподіл джерел забруднення питної води на думку опитуваних

Важливість забезпечення населення якісною питною водою як ціль сталого розвитку ми розглянули в попередньому розділі. Далі оцінимо, наскільки це є значущим на думку респондентів .

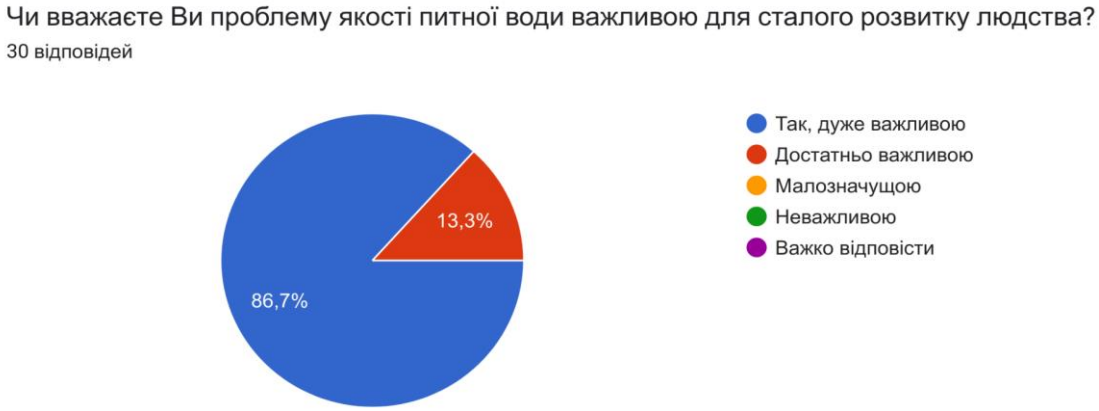


Рис. 2.7 – Важливість якості води для сталого розвитку людства

З діаграми видно, що більшість опитуваних, а саме 86,7%, вважають, якість води «дуже важливою», а інша частина респондетнів – «достатньо важливою» (рис.2.7). Жоден опитуваний не обрав відповіді: «малозначущою», «неважливою» чи «важко відповісти». Це вказує на стурбованість населення Запорізького регіону та їх обізнаність щодо сталого розвитку як складової майбутнього людства.

Оскільки ми визначили низький рівень моніторингу якості води як одну з передумов забруднення (рис. 2.6), то респонденти опитування змогли оцінити ефективність заходів місцевих органів влади щодо забезпечення якісного водопостачання (рис. 2.8).



Рис. 2.8 – Ефективність заходів щодо забезпечення населення якісною водою

Для оцінювання ми обрали шкалу від 0 до 10, де 0 вказує, що заходи абсолютно неефективні, 10 – повністю відповідають усім вимогам і запитам населення. Більшість опитуваних оцінили ефективність заходів від 4 до 7, значна частина – від 0 до 5, і лише 3,3% опитуваних вказали на відповідь «8–9» умовних одиниць.

Доцільно встановити, яке відношення опитуваних до впровадження новітніх технологій очищення та моніторингу для забезпечення якісного водопостачання. Результати опитування вказують, що близько 80% респондентів повністю підтримують такі перспективні напрямки, інша частина учасників обрала варіант «скоріше підтримую». Незначна частина опитуваних залишились «нейтральними» у

цьому питанні, що може свідчити про низький рівень обізнаності щодо запропонованих заходів (рис. 2.9).



Рис. 2.9 – Ставлення учасників опитування до інноваційних технологій в практичній діяльності для забезпечення населення питною водою

Першочергово для покращення якісного питного водопостачання варто впровадити суворий контроль за промисловими викидами. Також важливими умовами є реконструкція та модернізація водопровідних мереж і розвиток технологій очищення води. Крім того, варто звернути увагу на державні програми підтримки сталого водопостачання. Такою є думка респондентів, що вказує на їх розуміння проблематики і актуальність даного дослідження (рис. 2.10).

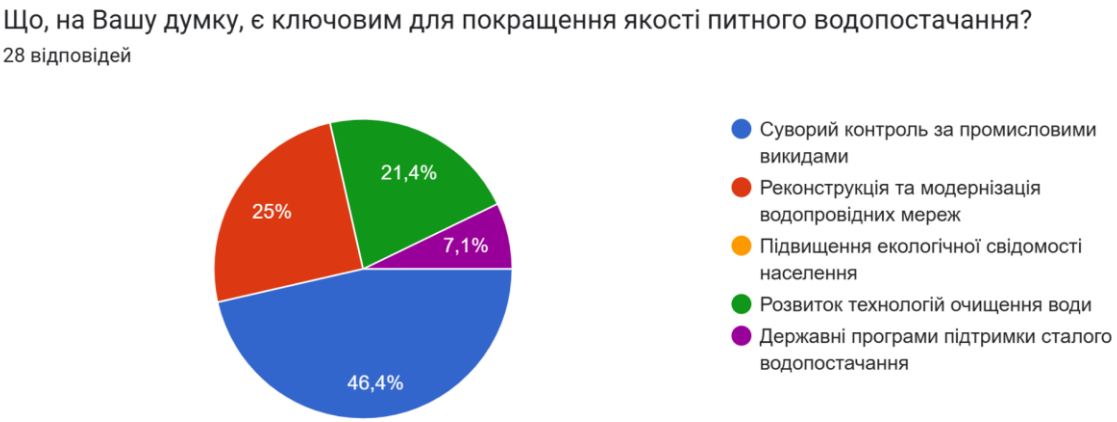


Рис.2.10 – Ключові умови для покращення якості водопостачання

Отже, отриманні результати корелюються з попереднім аналізом літературних джерел щодо якості води і стану екомоніторингу в регіоні, таким чином, підтверджують актуальність дослідження.

2.4 Методи оцінки якості поверхневих вод Запорізького водосховища

Дослідження якості води проводилося в межах Запорізького водосховища, яке належить до басейну річки Дніпро (суббасейн Нижнього Дніпра). Моніторинг охоплював п’ять постів спостереження на різних ділянках водосховища: 328 км (м. Запоріжжя, нижній б’єф Дніпровської ГЕС), 365 км (с. Військове), 404 км (м. Дніпро, ВП 'ПдТЕС'), 420 км (лівий берег, Ломовський водозабір) та 420 км (правий берег, Кайдакський водозабір) (рис. 2.11). Дані пункти моніторингу були обрані для охоплення різних ділянок водосховища і отримання релевантних даних.

Для оцінки якості води поверхневих водойм в Україні найчастіше використовують індекс забруднення води (ІЗВ). Основна перевага ІЗВ полягає в тому, що він дозволяє порівняти якість води в різних річках між собою, при наявності в них різних забруднювальних речовини. Також визначення ІЗВ дозволяє виявляти тенденцію зміни якості води впродовж декількох років. Тому для оцінки якості води використовували саме індекс забруднення води ІЗВ.

Розрахунок індексу забруднення води (ІЗВ) визначається за шістьма інгредієнтами. Обов’язковими є розчинений кисень та біохімічне споживання кисню за 5 діб ($БСК_5$). Середні арифметичні значення кожного показника порівнюються з відповідними ГДК (табл. 2.2). Розрахунок ІЗВ проводили за наступною формулою:

$$ІЗВ = (1/6) \sum(C_i/ГДК_i), \quad (2.1)$$

де C_i – значення і-го показника якості води;

ГДК$_i$ – гранично допустима концентрація і-го показника якості води.

На відміну від інших показників, для розчиненого кисню при розрахунках ІЗВ береться співвідношення норматив / реальна концентрація.

Відповідно до даних лабораторії моніторингу вод та ґрунтів Басейнового управління водних ресурсів нижнього Дніпра нами були проаналізовані деякі гідрохімічні показники якості води за 5 постами моніторингу, пунктами спостереження масивів поверхневих вод, забір води з яких здійснюється для задоволення питних і господарсько-питних потреб населення Запорізької області.

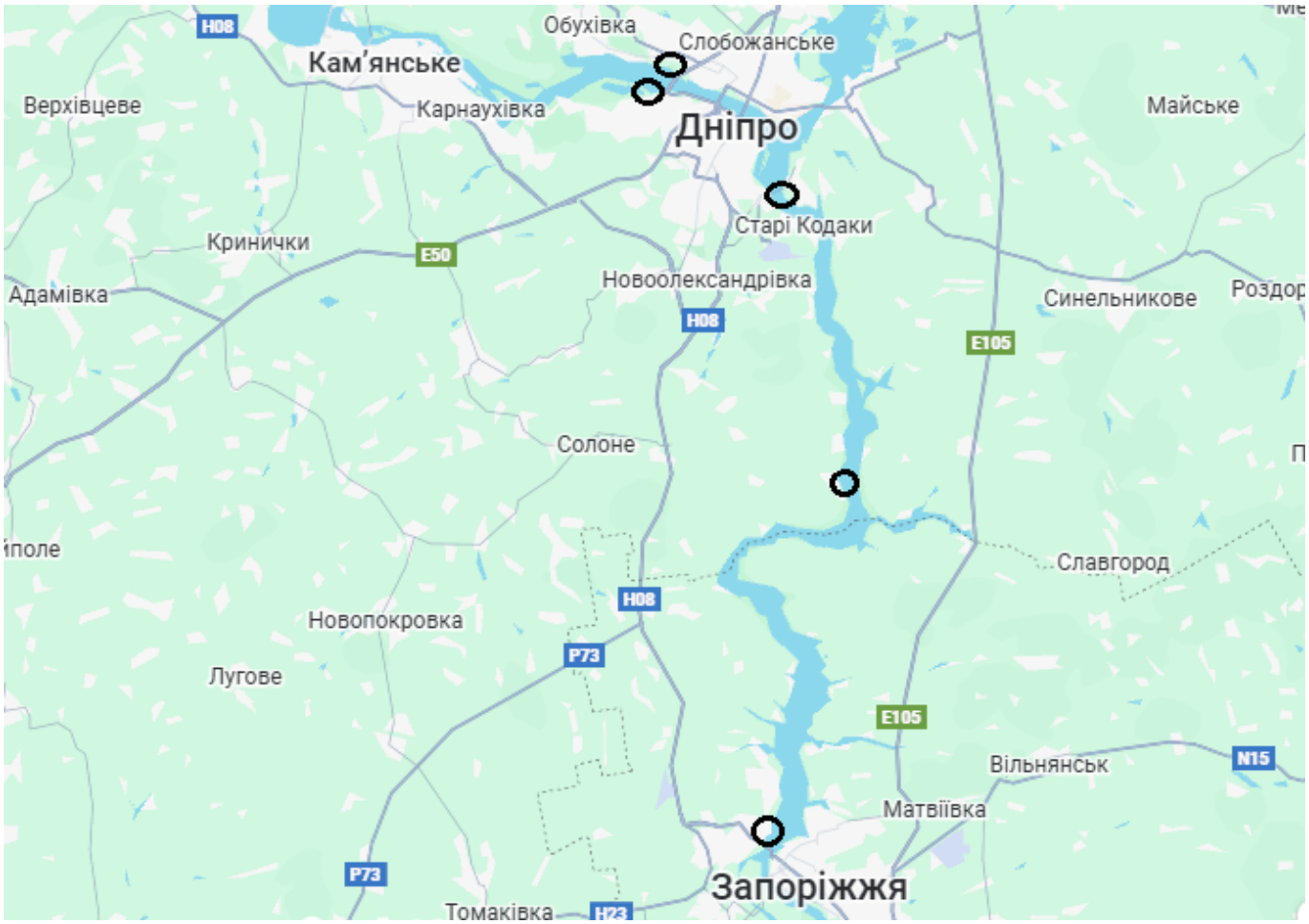


Рисунок 2.11 – Розташування постів контролю якості води (Карта: Google Maps)

Нами для розрахунків були обрані наступні параметри якості води: біохімічне споживання кисню ($БСК_5$), розчинений кисень, сульфати, азот нітратний, азот амонійний, азот нітритний.

За величинами розрахованих ІЗВ виконували оцінку якості води. Відповідно до методики оцінки якості води за індексом забруднення води виділяють наступні критерії та класи якості води (табл. 2.1).

До першого класу належать водні об’єкти, що перебувають під мінімальним антропогенним впливом. Хімічний склад води та основні водно-біологічні показники таких водойм практично не відрізняються від природних значень, характерних для конкретного регіону.

Другий клас охоплює водні об’єкти, у яких спостерігаються незначні зміни, спричинені людською діяльністю, проте загальна екологічна рівновага залишається стабільною, без ознак порушення природних процесів.

До третього класу відносять водойми, де під впливом антропогенних чинників уже простежуються помітні зміни у порівнянні з природним станом водного середовища. Рівень цих змін наближається до межі екологічної стійкості, тобто система ще здатна до саморегуляції, однак перебуває у вразливому стані.

Таблиця 2.1 – Критерії оцінки якості вод за індексом забруднення води

Клас якості води	Характеристика класу	Значення ІЗВ
I	Дуже чиста	$\leq 0,3$
II	Чиста	0,31 – 1,0
III	Помірно забруднена	1,01 – 2,5
IV	Забруднена	2,51 – 4,0
V	Брудна	4,01 – 6,0
VI	Дуже брудна	6,01 – 10,0
VII	Надзвичайно брудна	>10,0

Таблиця 2.2 – Нормативи якості води водойм рибогосподарського призначення

Речовина	ГДКр.
$БСК_5$ мг O_2/дм^3	3,0
Розчинений кисень, мг O_2/дм^3	≥ 4,0
Сульфат-іони, мг/дм^3	100,0
Азот амонійний, мг/дм^3	0,5
Азот нітратний, мг/дм^3	1,0
Азот нітритний, мг/дм^3	0,08

Водні об’єкти четвертого та п’ятого класів характеризуються суттєвими порушеннями основних екологічних параметрів. Для них властиве істотне погіршення якості води, зниження біологічного різноманіття, а загальний екологічний стан оцінюється як стан екологічного спаду або деградації водного екосередовища.

Для проведення оцінки якості води на ділянках питних водозаборів використовувалися відкриті дані моніторингу поверхневих вод з 01.01.2025 до 31.10.2025, що оприлюднені Державним агентством водних ресурсів України за 2025 рік [62]. Зазначена інформація слугувала основою для аналізу сучасного екологічного стану водойми та визначення рівня її придатності для питного водопостачання.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Відповідно до проведених досліджень за 5 пунктами моніторингу (постів спостереження) Запорізького водосховища, ми визначили гідрохімічні показники якості води (таблиці 3.1 - 3.6).

Результати досліджень гідрохімічних показників посту спостереження № 1 (табл. 3.1) показують перевищення нормативів ГДК біохімічного споживання кисню (за 5 діб), концентрації якого змінювались в межах від 2,50 ГДКр. (квітень) до 3,50 ГДКр. (серпень). Концентрація розчиненого кисню у воді дослідженої ділянки коливалась у межах 8,20-10,10. Такі високі значення кисню сприяли більш інтенсивному окисненню органічних речовин аеробними мікроорганізмами, що позитивно впливало на процеси самоочищення водної екосистеми у досліджений період. Найнижчі значення розчиненого кисню були зафіксовані у лютому та березні (8,20–8,40 мг/дм³), проте навіть вони перевищували мінімальний норматив для водойм рибогосподарського призначення (4,0 мг/дм³), що свідчить про задовільний кисневий режим.

Концентрації сульфат-іонів у воді дослідженого водосховища протягом 2025 року змінювались від 37,70 до 94,65 мг/дм³. Найвищі значення були зафіксовані у червні (94,65 мг/дм³), що може бути пов’язано з впливом промислових та міських стоків, а також з сезонними процесами вимивання солей із території басейну. Найнижчі значення спостерігалися у березні (37,70 мг/дм³). Усі концентрації сульфатів залишалися нижчими за гранично допустиму концентрацію для водойм рибогосподарського призначення (100 мг/дм³), що свідчить про задовільну якість води за даним показником.

Значення концентрацій нітрат-іонів NO_3^- у воді дослідженої ділянки водосховища були в межах від 0,84 до 2,05 мг/дм³. Найвищі значення були зафіксовані у червні та липні (1,79-2,05 мг/дм³), що може бути пов’язано з активізацією біохімічних процесів та надходженням водно-господарських стоків у

літній період. У решту місяців нітрат-іони залишалися відносно стабільними та значно нижчими за гранично допустиму концентрацію для водойм рибогосподарського призначення (1,0 мг/дм³).

Таблиця 3.1 – Гідрохімічні показники води р. Дніпро, 328 км, м. Запоріжжя, в/б'єф Дніпровської ГЕС, питний в/з міста (мг/дм^3)

Дата	БСК	Розчинений кисень	Сульфат-іони	Нітрат-іони	Амоній-іони	Нітрит-іони
07.01.2025	3.00	8.80	49.10	1.19	0.21	0.04
04.02.2025	3.40	8.20	45.10	0.98	0.18	0.03
04.03.2025	2.70	8.40	37.70	0.88	0.26	0.03
01.04.2025	2.50	8.60	57.20	1.24	0.20	0.04
06.05.2025	2.70	9.20	74.89	1.45	0.24	0.03
03.06.2025	2.80	9.00	94.65	2.05	0.13	0.05
01.07.2025	3.20	8.90	55.35	1.79	0.14	0.03
05.08.2025	3.50	10.10	52.67	0.84	0.25	0.03
02.09.2025	2.70	8.90	63.78	1.37	0.26	0.03

Показники азоту амонійного NH_4^+ мали незначні коливання впродовж досліджуваного періоду, проте концентрації у порівнянні з ГДК не перевищували норми.

Концентрації нітрит-іонів NO_2^- варіювались від 0,03 до 0,05 мг/дм³, причому найвищі значення спостерігалися у червні (0,05 мг/дм³). Загалом рівень нітритів залишався невисоким і не перевищував нормативного значення (0,08 мг/дм³), що свідчить про відносно низький ризик токсичного впливу на водну біоту та якість води для господарсько-побутового використання.

Результати досліджень гідрохімічних показників посту моніторингу № 2 (табл. 3.2) показують, що значення біохімічного споживання кисню ($БСК_5$) протягом

2025 року змінювалися від 2,49 ГДКр. (квітень) до 3,54 ГДКр. (травень), що свідчить про помірне органічне навантаження на водну екосистему. Концентрація розчиненого кисню у воді коливалася в межах 6,30-11,50 мг/дм³. Найвищі значення спостерігалися у зимово-весняний період (січень-березень) – 10,27-11,50 мг/дм³. Найнижчі значення кисню були зафіксовані у літні місяці (червень-серпень) – 6,30-7,43 мг/дм³, проте навіть вони перевищували мінімальний норматив для водойм рибогосподарського призначення (4,0 мг/дм³), що свідчить про задовільний кисневий режим.

Таблиця 3.2 – Гідрохімічні показники води р. Дніпро, 365 км, с. Військове, питний в/з Солонянського району (мг/дм^3)

Дата	БСК	Розчинений кисень	Сульфат-іони	Нітрат-іони	Амоній-іони	Нітрит-іони
14.01.2025	2.88	10.27	23.04	2.12	0.18	0.03
11.02.2025	2.55	11.39	26.91	5.00	0.24	0.03
11.03.2025	2.79	11.50	23.13	0.50	0.32	0.03
08.04.2025	2.49	8.90	33.58	0.50	0.19	0.03
13.05.2025	3.54	8.70	28.72	0.50	0.31	0.03
10.06.2025	2.79	7.43	54.52	1.43	0.18	0.03
09.07.2025	2.76	6.41	53.79	0.94	0.24	0.04
12.08.2025	2.67	6.30	46.09	1.05	0.18	0.03
09.09.2025	2.73	8.88	42.18	2.66	0.20	0.03

Концентрації сульфат-іонів SO_4^{2-} протягом року змінювалися від 23,04 до 54,52 мг/дм³. Найвищі значення були зафіксовані у червні (54,52 мг/дм³), що могло бути зумовлено впливом промислових та міських стоків, а також сезонними процесами вимивання солей із території басейну. Найнижчі значення спостерігалися у січні (23,04 мг/дм³). Усі концентрації залишалися нижчими за гранично допустиму

концентрацію для водойм рибогосподарського призначення (100 мг/дм³), що свідчить про задовільну якість води за даним показником.

Значення нітратного азоту NO_3^- варіювалися від 0,50 до 5,00 мг/дм³. Максимальна концентрація була зафіксована у лютому (5,00 мг/дм³), що пов'язано з весняним таненням снігів та надходженням стоків у водосховище. У решту місяців нітрат-іони залишалися відносно стабільними і здебільшого нижчими за норматив (1,0 мг/дм³).

Показники амонійного азоту NH_4^+ коливалися від 0,18 до 0,32 мг/дм³, не перевищуючи гранично допустимого значення для водойм рибогосподарського призначення (0,5 мг/дм³), що свідчить про відсутність критичного навантаження амонієм.

Нітрит-іони NO_2^- демонстрували низькі концентрації – 0,03-0,04 мг/дм³, з максимумом у липні (0,04 мг/дм³). Всі значення залишалися нижчими за нормативне (0,08 мг/дм³), що свідчить про відносно низький ризик токсичного впливу на водні організми та безпечну якість води для використання.

На ділянці посту спостереження № 3 (табл. 3.3) результати досліджень гідрохімічних показників свідчать, що значення біохімічного споживання кисню за 5 діб ($БСК_5$) у досліджуваний період 2025 року змінювалися від 2,46 ГДКр. (травень) до 3,63 ГДКр. (січень), що вказує на помірне органічне навантаження на водну екосистему. Концентрація розчиненого кисню у воді дослідженого водозабору коливалася в межах 6,74-10,85 мг/дм³. Найвищі значення спостерігалися у зимово-весняний період (січень-березень) – 10,39-10,85 мг/дм³, що забезпечувало ефективне окиснення органіки та підтримувало самоочищення водойми. Найнижчі значення кисню зафіксовані в літні місяці (червень-серпень) – 6,74-7,58 мг/дм³, проте навіть вони перевищували мінімальний норматив для водойм рибогосподарського призначення (4,0 мг/дм³), що свідчить про задовільний кисневий режим.

Концентрації сульфат-іонів SO_4^{2-} у воді протягом 2025 року варіювалися від 53,70 до 98,04 мг/дм³. Найвищі значення спостерігалися у березні (98,04 мг/дм³) та січні (96,09 мг/дм³), що зумовлено надходженням промислових стоків і сезонним

вимиванням солей із басейну. Найнижчі концентрації були у вересні (53,70 мг/дм³). Усі значення залишалися нижчими за гранично допустиму концентрацію для водойм рибогосподарського призначення (100 мг/дм³), що свідчить про задовільну якість води за цим показником.

Показники нітрат-іонів NO_3^- змінювалися в межах 0,50-1,68 мг/дм³. Максимальні концентрації були зафіксовані у лютому (1,68 мг/дм³) та січні (1,49 мг/дм³), що пов'язано з весняним надходженням стоків і активізацією біохімічних процесів. У решту місяців нітрат-іони залишалися нижчими за норматив (1,0 мг/дм³).

Таблиця 3.3 – Гідрохімічні показники води р. Дніпро, 404 км, м. Дніпро, ВП «ПдТЄС» ПАТ «ДТЕК Дніпроенерго», питний в/з (мг/дм^3)

Дата	БСК	Розчинений кисень	Сульфат-іони	Нітрат-іони	Амоній-іони	Нітрит-іони
14.01.2025	3.63	10.65	96.09	1.49	0.50	0.03
11.02.2025	3.03	10.85	76.85	1.68	0.24	0.03
11.03.2025	3.48	10.39	98.04	0.73	0.68	0.03
08.04.2025	3.12	8.67	93.16	1.18	0.79	0.03
13.05.2025	2.46	8.11	72.94	0.50	0.44	0.03
10.06.2025	3.00	7.58	84.36	1.03	0.18	0.03
09.07.2025	2.97	6.96	67.24	0.91	0.40	0.03
12.08.2025	2.91	6.74	61.52	0.74	0.17	0.03
09.09.2025	2.88	8.61	53.70	0.74	0.21	0.03

Амонійний азот (NH_4^+) коливався від 0,17 до 0,79 мг/дм³, з піком у квітні (0,79 мг/дм³). Усі концентрації були нижчими за гранично допустиме значення (0,5 мг/дм³) або незначно його перевищували, що вказує на помірний органічний вплив на водну систему.

Концентрації нітритного азоту NO_2^- залишалися стабільними і низькими – 0,03-0,03 мг/дм³ протягом усього року, що значно нижче нормативного значення (0,08 мг/дм³), що вказує на незначну ймовірність токсичного впливу на водні організми та задовільний рівень безпеки води.

Результати досліджень гідрохімічних показників посту спостереження № 4 (табл. 3.4) показують, що значення біохімічного споживання кисню ($БСК_5$) протягом 2025 року змінювалися від 2,22 мг/дм³ (січень) до 3,93 мг/дм³ (серпень), що свідчить про варіації органічного навантаження на водну екосистему. Концентрація розчиненого кисню у воді коливалася від 6,03 до 11,60 мг/дм³. Найвищі значення кисню спостерігалися у зимово-весняний період (січень-березень) – 9,54-11,60 мг/дм³, що сприяло окисненню та самоочищенню водойми. Мінімальні значення кисню зафіксовані у серпні (6,03 мг/дм³), проте навіть вони перевищували норматив для водойм рибогосподарського призначення (4,0 мг/дм³), що вказує на задовільний кисневий режим.

Таблиця 3.4 – Гідрохімічні показники води р. Дніпро, 420 км, м. Дніпро, лівий берег, Ломовський питний в/з (мг/дм^3)

Дата	БСК	Розчинений кисень	Сульфат-іони	Нітрат-іони	Амоній-іони	Нітрит-іони
07.01.2025	2.22	9.54	23.15	3.03	0.29	0.03
04.02.2025	2.24	11.48	21.48	4.06	0.32	0.03
04.03.2025	3.27	11.60	26.13	1.09	0.33	0.04
01.04.2025	2.82	10.97	21.39	0.72	0.20	0.03
06.05.2025	2.55	8.32	40.33	0.83	0.17	0.03
03.06.2025	3.03	7.81	39.81	0.50	0.24	0.03
01.07.2025	2.58	7.26	26.50	0.50	0.22	0.03
05.08.2025	3.93	6.03	39.34	1.48	0.28	0.08
02.09.2025	3.72	8.18	38.34	2.06	0.38	0.15

Концентрації сульфат-іонів SO_4^{2-} змінювалися в межах 21,39-40,33 мг/дм³. Найвищі значення спостерігалися у травні-червні (39,81-40,33 мг/дм³). Найнижчі концентрації зафіксовані у лютому та квітні (21,39-21,48 мг/дм³). Всі значення залишалися нижчими за гранично допустиму концентрацію (100 мг/дм³), що свідчить про задовільну якість води за цим показником.

Показники нітрат-іонів NO_3^- коливалися від 0,50 до 4,06 мг/дм³. Максимальні концентрації були у лютому та січні (4,06 та 3,03 мг/дм³), що пов'язано з весняним надходженням стоків і активізацією біохімічних процесів. У літні місяці нітрат-іони знижувалися до 0,50-1,48 мг/дм³, залишаючись нижчими за норматив (1,0 мг/дм³) або трохи його перевищуючи, що свідчить про помірний вплив на водну систему.

Концентрації амонійного азоту NH_4^+ варіювали від 0,17 до 0,38 мг/дм³, з піком у вересні (0,38 мг/дм³). Усі значення перебували нижче гранично допустимого рівня (0,5 мг/дм³) або незначно перевищували його, що вказує на контрольоване навантаження органічних речовин на водойму.

Значення нітрит-іонів NO_2^- протягом року залишалися низькими – 0,03-0,15 мг/дм³. Найвищі концентрації були у серпні та вересні (0,08–0,15 мг/дм³), що свідчить про помірний сезонний вплив стоків. Відповідно концентрації нітрит-іонів залишалися в межах безпечних значень.

Аналіз гідрохімічних показників посту спостереження № 5 (табл. 3.5) свідчить, що біохімічне споживання кисню ($БСК_5$) протягом 2025 року змінювалось у межах 2,07-3,45 мг/дм³. Найнижчі значення спостерігалися у січні (2,07 мг/дм³), а найвищі – у серпні (3,45 мг/дм³), що відображає сезонні коливання інтенсивності розкладання органічних речовин у воді. У літній період незначне підвищення $БСК_5$ може бути зумовлене збільшенням біологічної активності водної екосистеми та надходженням побутових і промислових стоків.

Концентрація розчиненого кисню коливалася від 6,09 до 12,25 мг/дм³. Максимальні значення фіксувалися у зимово-весняний період (лютий-квітень) – 11,30-12,25 мг/дм³, що є показником високої інтенсивності процесів аерації та

сприятливих умов для самоочищення водного середовища. Найнижчі значення були в серпні (6,09 мг/дм³), що може бути пов’язано зі зростанням температури води та зменшенням її насичення киснем. Водночас концентрації розчиненого кисню протягом року перевищували мінімально допустиме значення для водойм рибогосподарського призначення (4,0 мг/дм³), що підтверджує задовільний кисневий режим річки на дослідженій ділянці.

Таблиця 3.5 – Гідрохімічні показники води р. Дніпро, 420 км, м. Дніпро, правий берег, Кайдакський питний в/з (мг/дм^3)

Дата	БСК	Розчинений кисень	Сульфат-іони	Нітрат-іони	Амоній-іони	Нітрит-іони
07.01.2025	2.07	9.67	26.85	3.46	0.21	0.03
04.02.2025	3.11	12.25	21.32	2.57	0.30	0.03
04.03.2025	3.03	11.30	28.09	4.86	0.37	0.03
01.04.2025	2.76	11.65	27.16	6.23	0.23	0.04
06.05.2025	3.24	8.48	33.54	0.78	0.22	0.03
03.06.2025	3.30	8.09	38.17	0.50	0.29	0.03
01.07.2025	3.06	7.73	27.32	0.73	0.19	0.03
05.08.2025	3.45	6.09	37.53	0.50	0.25	0.03
02.09.2025	3.42	8.17	37.45	5.66	0.34	0.10

Концентрації сульфат-іонів змінювалися від 21,32 до 38,17 мг/дм³. Найвищі значення зафіксовані у травні-червні (33,54-38,17 мг/дм³), що може бути пов’язано з активним змивом ґрунтів і техногенних домішок під час весняного стоку. Найнижчі показники спостерігались у лютому (21,32 мг/дм³). Усі концентрації залишалися нижчими за гранично допустиму концентрацію для водойм рибогосподарського призначення (100 мг/дм³), що свідчить про відсутність надмірного сульфатного забруднення.

Нітрат-іони у воді варіювали в межах від 0,50 до 6,23 мг/дм³. Найвищі концентрації відмічено у квітні (6,23 мг/дм³) та березні (4,86 мг/дм³), що, ймовірно, пов'язано зі змивом мінеральних добрив і поверхневих стоків із сільськогосподарських угідь під час танення снігу. У літні місяці (червень-серпень) рівень нітратів знижувався до 0,50-0,78 мг/дм³, тобто нижче за норматив ГДК (1,0 мг/дм³), що вказує на зменшення зовнішнього надходження сполук азоту в цей період.

Концентрації амонійного азоту NH_4^+ протягом року коливалися в межах 0,19-0,37 мг/дм³. Найвищі значення зафіксовані у березні (0,37 мг/дм³) та вересні (0,34 мг/дм³), що може бути наслідком збільшення розкладання органічних речовин або надходження недостатньо очищених стічних вод. Усі значення залишалися нижчими за гранично допустиму концентрацію (0,5 мг/дм³), що свідчить про помірне органічне навантаження на водойму.

Рівень нітрит-іонів NO_2^- коливався від 0,03 до 0,10 мг/дм³. Підвищення концентрацій спостерігалося у вересні (0,10 мг/дм³), що може бути наслідком уповільнення процесів нітрифікації та накопичення проміжних сполук азоту у теплий період року. Загалом вміст нітритів залишався у межах допустимих концентрацій (до 0,08-0,1 мг/дм³), що свідчить про відсутність небезпечного рівня токсичного забруднення води та стабільний стан водної екосистеми дослідженої ділянки.

На основі результатів моніторингу за період січень-вересень 2025 року було розраховано індекс забруднення води (ІЗВ) для п'яти постів спостереження. Розрахунки виконано за шістьма показниками (табл. 3.6).

На основі проведених досліджень встановлено, що значення індексу забруднення вод (ІЗВ) у межах Запорізького водосховища впродовж 2025 року коливались у межах від 0,48 до 1,60, що відповідає II–III класам якості води – «чиста» та «помірно забруднена» (табл. 3.7). Найнижчі значення ІЗВ (0,48-0,50) зафіксовано у квітні та березні на постах моніторингу №2 і №4, що свідчить про відносно стабільний гідроекологічний стан водосховища у весняний період, коли відбувається природне розбавлення забруднень за рахунок паводкових вод. Найвищі значення

індексу спостерігались у вересні на Кайдакському водозаборі (1,60), що може бути зумовлено сезонним зростанням температури, активізацією біохімічних процесів та надходженням органічних сполук із комунально-побутових і поверхневих стоків.

У літній період (червень-серпень) у більшості пунктів спостерігалося незначне підвищення ІЗВ (до 0,9), що може бути пов’язане зі зниженням рівня води, накопиченням забруднювачів і посиленням процесів біогенного забруднення. Зокрема, на посту №5 (Кайдакський водозабір) ІЗВ перевищував середньорічне значення, що свідчить про підвищене антропогенне навантаження на водну систему в цьому районі.

Таблиця 3.6 – Результати розрахунку Індексу забруднення вод (ІЗВ) питних водозаборів Запорізького водосховища в 2025 році

Місяць	ІЗВ				
	П1*	П2*	П3*	П4*	П5*
Січень	0,68	0,74	0,90	0,90	0,94
Лютий	0,63	1,22	0,78	1,06	0,85
Березень	0,59	0,50	0,83	0,66	1,27
Квітень	0,68	0,48	0,93	0,50	1,45
Травень	0,73	0,57	0,63	0,55	0,58
Червень	0,88	0,70	0,69	0,55	0,57
Липень	0,75	0,67	0,72	0,50	0,55
Серпень	0,64	0,63	0,61	0,90	0,59
Вересень	0,71	0,87	0,58	1,14	1,60

Примітка* – (П1) р. Дніпро, 328 км, м. Запоріжжя, в/б'єф Дніпровської ГЕС, питний в/з міста; (П2) р. Дніпро, 365 км, с. Військове, питний в/з Солонянського району; (П3) р. Дніпро, 404 км, м. Дніпро, ВП "ПдТЄС" ПАТ "ДТЕК Дніпроенерго", питний в/з; (П4) р. Дніпро, 420 км, м. Дніпро, лівий берег, Ломовський питний в/з; (П5) р. Дніпро, 420 км, м. Дніпро, правий берег, Кайдакський питний в/з.

Загалом, за отриманими результатами, вода у більшості досліджених пунктів має відносно стабільний якісний стан, хоча у деяких районах (особливо поблизу промислових об’єктів міста Дніпро) виявлено ознаки локального погіршення якості води.

Отже, якість води в районах питних водозаборів Запорізького водосховища за результатами розрахунку ІЗВ оцінюється як «чиста» або «помірно забруднена» (II–III клас). Це свідчить про помірний рівень антропогенного впливу, зокрема від промислових, комунально-побутових і сільськогосподарських джерел. Найбільш навантаженими залишаються ділянки поблизу промислових підприємств м. Дніпро, де спостерігається підвищення ІЗВ наприкінці літа.

Таблиця 3.7 – Клас якості води питних водозаборів Запорізького водосховища у 2025 році

Місяць	Клас якості води питного водозабору				
	П1*	П2*	П3*	П4*	П5*
Січень	II	II	II	II	II
Лютий	II	III	II	III	II
Березень	II	II	II	II	III
Квітень	II	II	II	II	III
Травень	II	II	II	II	II
Червень	II	II	II	II	II
Липень	II	II	II	II	II
Серпень	II	II	II	II	II
Вересень	II	II	II	III	III

Для води II-III класу характерний помірний вміст забруднюючих речовин, що робить її придатною для більшості видів використання, зокрема для господарсько-побутових потреб після очищення. Важливо підтримувати належний стан

водосховища та здійснювати заходи, спрямовані на зменшення забруднення і збереження стабільної якості води.

З урахуванням вищезазначених результатів та висновків, рекомендується розглянути наступне:

1. Посилити систему моніторингу якості води Запорізького водосховища, зокрема в районах питних водозаборів, шляхом впровадження автоматизованих станцій контролю гідрохімічних показників.

2. Удосконалити очищення промислових і комунальних стоків, особливо тих, що надходять до водосховища, із застосуванням сучасних біотехнологій та методів глибокої фільтрації.

3. Провести екологічну паспортизацію водозаборів і визначити найбільш уразливі ділянки за рівнем антропогенного навантаження.

4. Підвищити ефективність контролю за скидами забруднювальних речовин від підприємств водозбірної території, зокрема у межах промислових зон м. Дніпро та м. Запоріжжя.

5. Запровадити раціональне водокористування шляхом переходу на оборотні системи водопостачання та зменшення втрат води у комунальних мережах.

6. Посилити просвітницьку діяльність серед населення щодо охорони водних ресурсів, раціонального водоспоживання та участі у моніторингу стану води.

7. Розробити регіональну програму управління якістю води, яка поєднає гідрохімічні, гідробіологічні та санітарно-гігієнічні спостереження для комплексної оцінки стану водосховища.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці при відборі та транспортуванні проб

Відбір проб води є важливим етапом екологічного моніторингу, що потребує суворого дотримання правил техніки безпеки, санітарно-гігієнічних норм і вимог до якості зразків. Відбір проб стічних вод є потенційно небезпечною роботою, тому до її виконання допускаються лише особи віком від 18 років, які успішно пройшли кваліфікаційний екзамен та отримали документально підтверджені повноваження. Перед початком робіт працівник повинен ознайомитися з правилами техніки безпеки, що діють на конкретному об’єкті, і суворо їх дотримуватися.

Відбирання проб води має свою специфіку і під час його планування необхідно дотримуватися головних принципів, обов’язково враховуючи особливості кожної водойми. Встановлення та дотримання чітких вимог до процедури є вкрай важливими, адже саме якість відібраних проб безпосередньо визначає достовірність подальших аналітичних результатів. Одним із основних шляхів надходження забруднювальних речовин у водойми є стічні води, які суттєво впливають на склад і властивості води, зумовлюючи зміни її хімічного та біологічного режимів.

Під час відбирання проб води враховується велика кількість специфічних обставин, визначальних для конкретного водного об’єкта, що зумовлені його фізико-географічними, гідрологічними та гідробіологічними характеристиками, а також рівнем антропогенного навантаження. Умови, яких необхідно дотримуватись у процесі відбору проб, настільки різноманітні, що неможливо надати універсальні рекомендації для всіх типів водойм. Водночас існує низка принципів, яких слід дотримуватись у будь-якому випадку.

Відбір проб повинен проводитися з урахуванням морфології та гідрології водного об’єкта, а також властивостей контрольованих речовин – розчинених, зважених, колоїдних або плівкових. Проби чи серії проб води мають відображати реальний стан водного середовища у певний проміжок часу і характеризувати його

якість саме у місці відбирання. Важливо, щоб у процесі відбору, попередньої обробки, транспортування та зберігання не відбувалося істотних змін у хімічному складі води, а всі процедури були спрямовані на запобігання зміні вмісту компонентів і властивостей, що підлягають визначенню.

Перед початком робіт усі матеріали, які можуть контактувати з пробою (пляшки, батометри, піпетки), тричі промивають тією ж водою, що відбиратиметься, щоб уникнути вторинного забруднення. Об'єм проби повинен бути достатнім для виконання всіх запланованих визначень, і залежно від мети досліджень може становити від 1 до 20 дм³.

Під час відбору проб води для виявлення можливого забруднення природних водойм (річок, озер, ставків) проби відбирають у кількох місцях, беручи до уваги особливості гідрологічного режиму. Контрольну пробу зазвичай відбирають на відстані 150-200 метрів вище за течією від джерела забруднення, другу відбирають безпосередньо в зоні водокористування, а третю – нижче за течією. Для отримання репрезентативних даних проби бажано брати з обох берегів і центральної частини водойми.

Якщо водойма використовується як джерело централізованого водопостачання, проби відбирають на рівні водозабору по ширині і глибині водного об'єкта. У разі децентралізованого водопостачання – біля берега, на відстані 5-10 метрів і глибині близько одного метра. Коли водойма використовується для рекреаційних цілей (купання, відпочинок), проби відбирають як біля берегової лінії, так і посередині водойми на глибині 30-50 сантиметрів.

Глибина відбору зразків визначається властивостями речовин, що можуть потрапляти у воду. Так, легкі нафтопродукти (бензин, гас) збирають із поверхні водойми, а сполуки з великою питомою вагою – поблизу дна. У разі наявності плівок чи маслянистих нашарувань на поверхні води відбір проводять за спеціальними методиками.

Під час проведення робіт з відбору проб необхідно враховувати наявність потенційних небезпечних факторів. До них належить можливість утворення

вибухонебезпечних газів і газових сумішей (метану, сірководню, чадного газу), зниження концентрації кисню у повітрі, ризик зараження патогенними мікроорганізмами, а також небезпека травм унаслідок падінь, утоплення чи опіків. Найвищий рівень ризику спостерігається під час роботи в контрольних колодязях, насосних станціях або на очисних спорудах, де можуть одночасно діяти кілька шкідливих факторів.

Вибір місця для відбору проб здійснюють відповідно до мети аналізу з урахуванням рельєфу місцевості та розташування джерел потенційного забруднення. Не рекомендується брати проби безпосередньо біля місць скиду стічних вод, поблизу населених пунктів або промислових підприємств, де можливе локальне забруднення.

Для відбору проб води використовують спеціальні пристрої – батометри різних конструкцій, які забезпечують герметичність і запобігають контакту проби із зовнішнім середовищем. Матеріали пробовідбірників повинні бути хімічно інертними, щоб не впливати на склад води. Найчастіше застосовуються прості й надійні батометри бутлевого типу.

Для зберігання відібраних проб використовують поліетиленові або скляні посудини, виготовлені з безбарвного, хімічно стійкого скла. Для визначення органічних речовин і запаху воду відбирають у скляні ємності з тефлоновими кришками. Проби, призначені для визначення вмісту силіцію чи натрію, зберігають у поліетиленовому посуді. При аналізі розчинених газів необхідно забезпечити повну герметичність посудини, щоб концентрація газів не змінювалась протягом двох діб.

Перед наповненням посудини кілька разів споліскують досліджуваною водою, а потім заповнюють так, щоб під пробкою не залишалося бульбашок повітря. Для знежирення посудин застосовують синтетичні мийні засоби, залишки яких видаляють проточною водою, після чого склянки обполіскують дистильованою водою та за потреби висушують [63].

Під час виконання відбору проб важливо забезпечити повну безпеку персоналу. Роботи повинні проводитися не менше ніж двома особами, які мають відповідну підготовку, спецодяг і засоби індивідуального захисту. Усі дії здійснюють згідно з

інструкцією з охорони праці та техніки безпеки. Під час роботи необхідно використовувати засоби індивідуального захисту – гумові рукавички, спецодяг, захисні окуляри. Відбір проб у потенційно небезпечних місцях (контрольних колодязях, на очисних спорудах, насосних станціях) виконується групою щонайменше з двох осіб. Після завершення робіт усі інструменти промивають проточною водою і дезінфікують, а зібрані зразки транспортують відповідно до правил.

Під час транспортування проб слід використовувати спеціальні герметичні сумки або контейнерні ящики, що виключають контакт стічної води з персоналом та навколишнім середовищем. Відбір проб рекомендується проводити у присутності відповідальної особи підприємства, щоб забезпечити контроль над дотриманням вимог безпеки. У разі роботи у потенційно небезпечних умовах, наприклад у зонах можливого отруєння газами або зараження мікроорганізмами, відбір проб повинен виконуватися щонайменше двома особами, які використовують індивідуальні засоби захисту, зокрема гумові рукавички та спецодяг. Крім того, перед відкриттям контрольних колодязів слід забезпечити їхнє провітрювання протягом не менше 15 хвилин.

Особлива увага приділяється організації робочого місця на вулиці. Місця відбору проб повинні бути огороджені, оснащені попереджувальними покажчиками та мати вільний доступ для екстреного виходу. На таких ділянках забороняється прийом їжі та паління, а після завершення робіт одяг працівника необхідно очистити та дезінфікувати. Персонал має бути підготовлений до надання першої медичної допомоги у разі отруєнь або травм та володіти знаннями щодо поведінки у нестандартних ситуаціях [64].

Таким чином, дотримання вимог щодо правильного відбору, зберігання і транспортування проб води є обов’язковою умовою отримання достовірних результатів аналізу, що забезпечує точну оцінку екологічного стану водного об’єкта.

4.2 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Особливу увагу у цьому дослідженні приділено розумінню впливу фізичних факторів на людину та обладнання. Зокрема, ударна хвиля, яка виникає під час вибуху, є областю різкого стиску середовища і поширюється з надзвуковою швидкістю. Вона здатна впливати на людей, тварин, будівлі та обладнання як безпосередньо, так і опосередковано, наприклад через уламки, що рухаються з високою швидкістю. Вражаюча дія ударної хвилі залежить від надлишкового тиску у фронті хвилі. Легкі поразки людей включають контузії та забиття, середні – втрату свідомості, ушкодження органів слуху та сильні вивихи, важкі травми можуть зачіпати внутрішні органи, а надзвичайно важкі – призводити до загибелі та руйнування споруд.

Механічний вплив ударної хвилі оцінюється також за ступенем руйнування будівель та устаткування. Руйнування може бути слабким, коли з’являються тріщини у стінах і деформуються внутрішні перегородки, середнім – із пошкодженням перекриттів верхніх поверхів та елементів даху, сильним – із руйнуванням несучих конструкцій, і повним, коли будівлі стають непридатними для використання [65].

4.3 Організація безпечного робочого місця

Перед початком експериментальної частини досліджень я пройшов усі необхідні інструктажі, в тому числі з охорони праці та пожежної безпеки, проведені науковим керівником відповідно до чинних інструкцій. Цей етап забезпечив усвідомлений підхід до безпеки під час роботи, дозволив правильно організувати робоче місце та мінімізувати потенційні ризики.

Експериментальна частина роботи передбачала використання комп’ютерної техніки для статистичної обробки великих масивів даних та візуалізації результатів. Безпечність робочого процесу забезпечувалася через контроль параметрів мікроклімату, освітлення та ергономічної організації робочого місця. Рівень освітленості підтримувався у межах 300-400 лк, що відповідає будівельним нормам і правилам СНіП 11-4-79. Температурний режим підтримувався на комфортному рівні 20-25 °С у опалювальний період, вологість повітря коливалася від 40 до 75 %, а швидкість руху повітря була на рівні 0,25-3 м/с.

Для мінімізації впливу електромагнітного та іонізуючого випромінювання моніторів та комп’ютерної техніки було забезпечено безпечну відстань від екранів (50-70 см) та уникано розташування працівників позаду джерел рентгенівського випромінювання. Робочий режим включав перерви кожні півтори години, під час яких проводилося провітрювання приміщення та виконувалися фізичні вправи, включно зі спеціальною гімнастикою для очей, що знижувало втому та покращувало кровообіг.

Для запобігання перевтомі та професійним захворюванням застосовувалися заходи ергономіки: правильно обране робоче положення, оптимальна організація обладнання та меблів відповідно до антропометричних параметрів, раціональний розподіл робочого часу та відпочинку. Адміністративні приміщення були обладнані системою автоматичної пожежної сигналізації, вогнегасниками та відповідали нормам ДСН 3.3.6-042-99 щодо мікроклімату та ДСН 3.3.6.037-99 щодо рівнів шуму [66, 67].

Усі ці заходи забезпечували комплексну безпеку під час виконання експериментальної роботи та мінімізували ризики виникнення надзвичайних ситуацій, створюючи безпечне та комфортне середовище для проведення досліджень.

ВИСНОВКИ

1. У результаті проведених досліджень встановлено, що якість води в районах питних водозаборів Запорізького водосховища у 2025 році загалом характеризується як «чиста» або «помірно забруднена» (II-III клас якості води за ІЗВ). Це свідчить про помірний рівень антропогенного впливу на водну екосистему, переважно зумовлений діяльністю промислових підприємств, сільськогосподарськими стоками та побутовими відходами.

2. Аналіз гідрохімічних показників ($БСК_5$, розчинений кисень, сульфати, нітрати, азот амонійний та нітрити) показав, що найчастіше перевищення нормативів ГДК спостерігалося за біохімічним споживанням кисню ($БСК_5$), особливо у літній період (червень–серпень), коли ІЗВ сягав 0,9. Це свідчить про підвищене органічне навантаження та активізацію процесів біогенного забруднення у теплий період року.

3. Концентрації розчиненого кисню протягом року залишалися в межах нормативів для водойм рибогосподарського призначення (6,0-10,1 мг/дм³), що підтверджує задовільний кисневий режим та наявність процесів природного самоочищення. Підвищений вміст кисню у зимово-весняний період сприяв інтенсивнішому окисненню органічних речовин.

4. Вміст нітратів та нітритів у більшості проб залишався нижчим за гранично допустимі концентрації, за винятком локальних підвищень у весняний період, пов’язаних зі стоком талих вод. Концентрації амонійного азоту протягом року не перевищували 0,5 мг/дм³, що свідчить про помірне органічне навантаження і відсутність критичного рівня забруднення сполуками азоту.

5. Найвищі значення ІЗВ були зафіксовані на посту моніторинга №5 (Кайдакський водозабір), що пов’язано з локальним промисловим навантаженням у межах міста Дніпро. У той же час, вода в інших пунктах спостереження в межах Запорізького водосховища здебільшого відповідала II класу якості – «чиста вода».

6. У літній період спостерігалося зростання індексу забруднення води у більшості пунктів спостереження, що обумовлено сезонним зменшенням рівня води, накопиченням забруднювачів і збільшенням біогенного навантаження. Це свідчить про необхідність посилення моніторингу якості води саме в теплі місяці року.

7. На основі комплексного аналізу результатів можна стверджувати, що екологічний стан Запорізького водосховища залишається відносно стабільним, однак має ознаки локального погіршення якості води у районах інтенсивного промислового впливу. Вода загалом придатна для питного водопостачання за умови попереднього якісного очищення на водопровідних станціях.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Для комплексного моніторингу якості води питних водозаборів Запорізького водосховища доцільно застосовувати індекс забруднення води (ІЗВ), який дозволяє швидко та об’єктивно визначити клас якості води за сукупністю гідрохімічних показників. Паралельно з цим доцільно впровадити біотичні індекси для оцінки екологічного стану водної екосистеми, що дасть змогу отримати більш повну характеристику екологічного стану водойми.

2. Для підвищення достовірності результатів рекомендується здійснювати відбір проб води циклічно, у однакові пори року та за схожих кліматичних умов, щоб мінімізувати сезонний вплив на показники якості води. Відбір проб має проводитись за єдиною методикою згідно з чинними нормативними документами (ДСНС №30 від 19.01.2016, ДСТУ 4808, ДСТУ 7525:2014).

3. Розширити мережу моніторингових пунктів у межах водосховища, включивши як промислово навантажені, так і умовно чисті ділянки, що дозволить здійснювати порівняльну оцінку рівня антропогенного навантаження на різних територіях і підвищить точність екологічних висновків.

4. Для зниження концентрацій азотистих сполук та органічних речовин у воді доцільно впровадити біологічні та фізико-хімічні методи очищення стічних вод, зокрема використання біофільтрів, аераційних систем та сорбційних установок на базі природних адсорбентів (активоване вугілля, цеоліти). Це сприятиме покращенню санітарно-хімічних характеристик води, яка надходить у систему водопостачання.

5. Рекомендується посилити контроль за діяльністю промислових підприємств і комунальних очисних споруд, що здійснюють скиди у Запорізьке водосховище, із метою зменшення надходження органічних речовин, амонійного азоту, сульфатів. Необхідно забезпечити обов’язкове впровадження сучасних систем попереднього очищення стічних вод перед скиданням у водойму.

6. З метою ефективного управління водними ресурсами слід створити єдину інтегровану базу даних екологічного моніторингу, яка включатиме результати гідрохімічних, гідробіологічних і метеорологічних спостережень. Це дозволить проводити динамічний аналіз стану водосховища, прогнозувати зміни якості води та оперативно реагувати на екологічні ризики.

7. Отримані результати можуть бути використані для інтегральної екологічної оцінки поверхневих вод інших водосховищ басейну Дніпра, а також для розробки регіональних програм зменшення антропогенного навантаження на водні ресурси та вдосконалення технологій очищення питної води у системах водопостачання.

8. Для практичної реалізації результатів роботи доцільно залучати органи місцевого самоврядування, наукові установи та громадські організації, спрямовуючи зусилля на підвищення екологічної свідомості населення, раціональне використання води та охорону водних ресурсів Запорізького регіону.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Водний кодекс України (зі змінами та доповненнями в редакції від 08.08.2025.). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text (дата звернення: 15.04.2025).

2. Державні санітарні норми та правила. «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10). Київ, 2010. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#n25 (дата звернення: 15.04.2025).

3. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities, 2000. P. 1-73. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32000L0060 (дата звернення: 15.04.2025).

4. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання та водовідведення в Україні у 2023 р. Міністерство розвитку громад та територій України. Київ: Мінрегіон, 2024. URL: https://surli.cc/vtbzkx (дата звернення: 15.04.2025).

5. Guidelines for Drinking-water Quality. World Health Organization. Geneva: WHOPress, 2017. 541 p. URL: https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950 (дата звернення: 15.04.2025).

6. Хільчевський В.К. Моніторинг вод в Україні: методи оцінювання якості води для різних цілей у зв'язку зі змінами нормативної бази (2014–2021 рр.). *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2021. № 3(61). С. 6-19. DOI: 10.17721/2306-5680.2021.3.1.

7. Строкаль В. П., Куровська А. В. Інтегральне оцінювання екологічного стану води Київського водосховища: монографія. Київ : Видавничий центр НУБіП України, 2024. 225 с.

8. Толстопалова Н. М., Обушенко Т. І., Сангінова О. В. Теоретичні основи хімії та технології водопідготовки (електронний підручник). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. 256 с. URL: https://ela.kpi.ua/items/81d0139d-836d-41bc-81ae-2ebe7349de68 (дата звернення: 17.04.2025).

9. Хільчевський В.К., Осадчий В.І., Курило С.М. та ін. Основи гідрохімії: підручник. Київ : Ніка-Центр, 2012. 312 с.

10. Стратегія сталого розвитку: Європейські горизонти [Електронний ресурс]: Підручник / І.Л. Якименко, Л.П. Петрашко, Т.М. Димань, О.М. Салавор, Є.Б. Шаповалов, М.А. Галабурда, О.В Ничик, О.В. Мартинюк. Київ : НУХТ, 2022. 337 с.

11. United Nations. Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. New York: United Nations, 2016. 35 p. URL: https://sdgs.un.org/2030agenda (дата звернення: 17.04.2025).

12. Притула Н. М. Екологія : навчальний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Туризм» освітньо-професійної програми «Туризм». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2021. 113 с.

13. Falkenmark M. Growing water scarcity in agriculture: Future challenge to global water security. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*. 2013. Vol. 371, № 2002. P. 1-

4. URL: https://www.researchgate.net/publication/257249054_Growing_water_scarcity_in_agriculture_Future_challenge_to_global_water_security (дата звернення: 20.04.2025).

14. Jatta E., Camara B., Sowe A., et al. Coping strategies for household water insecurity in rural Gambia. *BMC Public Health*. 2024. Vol. 24. P. 1-16. URL: https://bmcpublichealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-024-20588-5 (дата звернення: 22.04.2025)

15. Bos R., Alves D., Latorre C., Macleod N., Payen G., Roaf V., et al. Manual on the Human Rights to Safe Drinking Water and Sanitation for Practitioners.

London, UK: IWA Publishing, 2016. 101 p. URL: file:///C:/Users/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%BD/Downloads/640161.pdf (дата звернення: 19.11.2025).

16. Falkenmark M, Rockstrom J. Balancing Water for Human and Nature: The New Approach in Ecohydrology. London: Earthscan Publication; 2004. 320 p.

17. Mpenyana-Monyatsi L., Momba M.N.B. Assessment of groundwater quality in the rural areas of the North West Province, South Africa. *Scientific Research and Essays*. 2012. Vol. 8, № 7. P. 903-914. URL: https://academicjournals.org/journal/SRE/article-abstract/8B6AB12366?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 20.04.2025).

18. Dinka MO. Safe drinking water: Concepts, benefits, principles and standards. In: Glavan M, editor. Water Challenges of an Urbanizing World. London: IntechOpen, 2018. 192 p. URL: https://www.intechopen.com/chapters/57345 (дата звернення: 22.04.2025).

19. World Health Organization (WHO). UN-Water Global Annual Assessment of Sanitation and Drinking Water Report: The Changes of Extending Sustaining Services, UN Water Report 2012. Geneva, Switzerland: WHO, 2012. 101 p. URL: https://www.hst.org.za/publications/NonHST%20Publications/glaas_report_2012_eng.pdf (дата звернення: 19.11.2025).

20. OECD. Benefits of Investing in Water and Sanitation: An OECD Perspective. OECD Studies on Water. Paris: OECD Publishing, 2011. 148 p. DOI: 10.1787/9789264100817-en (дата звернення: 22.04.2025).

21. Biswas A.K. Integrated Water Resources Management: A Reassessment – A Water Forum Contribution // Water International. 2004. Vol. 29, № 2. P. 248–256. URL: https://doi.org/10.1080/02508060408691775 (дата звернення: 29.04.2025).

22. Desbureaux S., Damania R., Rodella A.-S., Russ J., Zaveri E. The Impact of Water Quality on GDP Growth: Evidence from Around the World. Washington, DC: World Bank, 2019. 12 p. URL:

https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/540ddb82-4148-55b7-b26c-d8e37fa5eb53/content (дата звернення: 19.11.2025).

23. United Nations World Water Assessment Programme (WWAP), UN-Water. The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. Paris, France: UNESCO, 2015. 212 p. URL: https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789210047128 (дата звернення: 15.05.2025).

24. WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation. Drinking water: Equity, safety and sustainability – Thematic report on drinking water 2011. Geneva / New York: WHO / UNICEF, 2011. 60 p. URL: https://washdata.org/sites/default/files/documents/reports/2017-07/JMP-2011-tr-drinking-water.pdf (дата звернення: 15.05.2025).

25. Rui Li, Ted L. Napier, Samir A. El-Swaify, Mohamed Sabir, Eduardo Rienzi (ред.). Global Degradation of Soil and Water Resources: Regional Assessment and Strategies. Springer, 2022. 21 p. URL: https://content.e-bookshelf.de/media/reading/L-17572211-88e98e4e13.pdf (дата звернення: 17.11.2025).

26. Юрасов С.М., Сафранов Т.А., Чугай А.В. Оцінка якості природних вод: Навчальний посібник. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2011. 164 с.

27. Яцик, А. В. та Гопчак, І. В. Методичні вказівки до виконання практичних занять «Екологічна оцінка якості поверхневих вод за відповідними категоріями» з навчальної дисципліни «Основи басейнового управління водогосподарськими системами» студентами за напрямом підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» денної та заочної форми навчання. Рівне : НУВГП, 2012. 26 с.

28. Малина В.В., Лясота В.П., Гришко В.В. Фізичні, хімічні та біологічні показники якості води: Методичні вказівки. Біла Церква : Білоцерківський національний аграрний університет, 2014. 45 с.

29. Luo H., Zhang Y., et al. Integrating Water Quality Index (WQI) and Multivariate Statistical Methods for Assessment of Surface Water Quality. *Water*. 2024. Vol. 16, № 23. P. 1-12. URL: file:///C:/Users/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%BD/Downloads/Integrating_Water_Quality_Index_WQI_and_Multivaria.pdf (дата звернення: 19.11.2025).

30. Войтенко Л.В., Кочетов Я.В. «Комплексна оцінка якості води: проблеми та рішення». *Чиста вода: фундаментальні, прикладні та промислові аспекти* (матеріали конференції, 2021). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2021. С. 99-103.

31. Al Yousif M.A., Chabuk A. Assessment Water Quality Indices of Surface Water for Drinking and Irrigation Applications – A Comparison Review. *Journal of Ecological Engineering.* 2023. Vol. 24, № 5, p. 40-55. DOI: 10.12911/22998993/161194. (дата звернення: 20.05.2025).

32. Сташук В.А., Мокін В.Б., Гребінь В.В., Чунарьов О.В. (ред.). Наукові засади раціонального використання водних ресурсів України за басейновим принципом: монографія. Херсон : Грінь Д.С., 2014. 320 с.

33. ДСТУ 4808:2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні і екологічні вимоги щодо якості води та правила вибирання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2007. 36 с.

34. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2014. 30 с.

35. Копілевич В. А., Галімова В. М., Лаврик Р. В. Екологічна безпека та моніторинг якості водних екосистем на вміст важких металів: навчальний посібник. Київ, 2014. 158 с.

36. Романенко В.Д. Екологічні проблеми Дніпра та їх комплексне вирішення. Наукові записки НаУКМА. Київ : НаУКМА, 2000. Т. 18 (Біологія та екологія). С. 41-43 URL: https://ekmair.ukma.edu.ua/handle/123456789/8892 (дата звернення: 20.05.2025).

37. Федоненко О.В., Єсіпова Н.Б., Шарамок Т.С., Ананьєва Т.В., Яковенко В.О. Сучасні проблеми гідробіології: Запорізьке водосховище: довідник. ОВ. Дніпро : ЛІРА, 2012. 280 с.

38. Рильський О.Ф. Біоіндикація забруднення довкілля важкими металами з використанням пігментосинтезувальних бактерій. *Ecology and Noospherology*. 2013. Т.24, №3–4. С. 97-103. URL: https://ekois.geo.univ.kiev.ua/ecology-and-noospherology (дата звернення: 25.05.2025).

39. Строкаль В. П. Антропогенне навантаження на стан водних та земельних ресурсів: проблеми локальних територій України. *Науково-практичний журнал «Збалансоване природокористування», Інститут агроекології і природокористування Національної академії аграрних наук України*, Вид-во : ТОВ «Екоінвестком», 2020. – №2(2020). С. 119-128 URL: http://journals.uran.ua/bnusing/article/view/208822/213059 (дата звернення: 25.05.2025).

40. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання та водовідведення в Україні у 2023 р. (Запорізька область)/Міністерство розвитку громад та територій України. Київ : Мінрегіон, 2024. С. 181-190. (дата звернення: 16.06.2025).

41. 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.

42. Гребінь В. В., Хільчевський В. К., Сташук В. А., Чунарьов О. В., Ярошевич О.Є. Водний фонд України : Штучні водойми – водосховища і ставки: довідник / за ред. В. К. Хільчевського, В. В. Гребеня. Київ : Інтерпрес, 2014. 192 с.

43. Yatsiuk M.V., Mosiichuk Y.B., Matselyuk Ye.M., Mosiichuk A.B. Analysis of the hydrochemical regime of the Dnipro reservoirs. *Меліорація і водне господарство*. № 1. 2023. С. 66-74. DOI: DOI: https://doi.org/10.31073/mivg202301-354 (дата звернення: 19.11.2025).

44. Shapar A.G. Role of ecosystem of reservoir basin of the Dnieper River for ensuring life standards and population's health in Ukraine. *Medical Perspectives*. 2014. Vol. 19, No. 2. P. 123-129. DOI: 10.26641/2307-0404.2014.2.28460 (дата звернення: 16.06.2025).

45. Shara S., Sharyi G. Improving monitoring of water quality characteristics in artificial water storage facilities in Ukraine. *Technology Audit and Production Reserves.* 2024. Vol. 6, № 3(80). P. 17-24. URL: https://journals.uran.ua/tarp/article/view/318925 (дата звернення: 16.06.2025).

46. Багмет О. Б. Вплив Дніпровського каскаду водосховищ на сучасний геоморфогенез прилеглих територій. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія».* Вип. 17. 2017. С. 55-62. URL: https://journals.uran.ua/visnukkhnu_ecology/article/view/120101 (дата звернення: 20.06.2025).

47. Запорізька обласна державна адміністрація, Департамент захисту довкілля. *Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища Запорізької області у 2023 році*. Запоріжжя: ЗОДА, 2024. 188 с. (дата звернення: 20.06.2025).

48. Єсіпова Н. Б., Гудим Н. Г. Гідроекологічний моніторинг Запорізького (Дніпровського) водосховища. *International Forum: Problems and Scientific Solutions : proceedings of the 11th International Scientific and Practical Conference, April 6-8, 2023*. Melbourne, Australia. 2023. № 149. С. 271-275. URL: https://archive.interconf.center/index.php/conference-proceeding/article/view/2925 (дата звернення: 20.06.2025).

49. Водна стратегія України на період до 2025 року (наукові основи) / за науковою ред. М. І. Ромащенка, М. А. Хвесика, Ю. О. Михайлова. Київ : Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2015. 46 с.

50. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року: Закон України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text (дата звернення: 20.06.2025).

51. Паламарчук М. М. Закорчевна Н. Б. Водний фонд України: довідковий посібник. 2-е вид., доп. Київ : Ніка-Центр, 2006. 320 с.

52. Іванова В. М. Сучасний географічний поділ річкових басейнів на території України. *Соціальні та екологічні технології: актуальні проблеми теорії і практики: матеріали XIII Міжнародної інтернет-конференції.* Мелітополь: МДПУ. 2021. С. 168-170.
URL: https://eprints.mdpu.org.ua/id/eprint/11617 (дата звернення: 25.06.2025).

53. Кукурудза С. І., Перхач О. Р. Використання та охорона водних ресурсів. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2009. 304 с.

54. Шарамок Т.С., Федоненко О.В., Курченко В.О., Ніколенко Ю.В. Гідроекологічна оцінка Запорізького водосховища за гідрохімічними та гідробіологічними показниками. *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки*. 2019. Т. 24, № 2. С. 97–103. URL: https://surli.cc/undhxh (дата звернення: 25.06.2025).

55. Ніколенко Ю.В., Федоненко О.В. Екологічна оцінка Запорізького (Дніпровського) водосховища. *Scientific Reports. Наукові доповіді НУБіП України*. 2021. № 15. С. 45–52.
URL: https://scireports.com.ua/en/article/download/yekologichna-otsinka-zaporizkogo-dniprovskogo-vodoskhovishcha (дата звернення: 25.06.2025).

56. Давидов О.В., Мокра П.О. Загальні особливості розвитку берегової зони каскаду Дніпровських водосховищ на сучасному етапі. *Наукові записки Херсонського відділу УГТ.* 2008. Вип. 4. С. 41-44.
URL: https://ekhsuir.kspu.edu/handle/123456789/2486 (дата звернення: 25.06.2025).

57. Шмандій В.М., Харламова О.В., Ригас Т.Є., Остапець О.А., Знайко Н.С. Аналіз стану екологічної небезпеки у водосховищах Дніпровського каскаду. *V-й Всеукраїнський з'їзд екологів*. Вінниця : ВНТУ, 2015.
URL: https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/19067 (дата звернення: 25.06.2025).

58. Дубняк С. С. Еколого-гідроморфологічний аналіз проблем підтоплення земель у зоні впливу Дніпровських водосховищ. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту.* 2007. Вип. 256. С. 293–307. URL: https://old.uhmi.org.ua/pub/np/256/3_Dubniak.pdf (дата звернення: 27.06.2025).

59. Дубовик В.С., Шмандій В.М., Харламова О.В. та ін. Чинники формування екологічної небезпеки у водосховищах Дніпровського каскаду. Т*ези Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічний розвиток країни в рамках Європейської інтеграції.»* Житомир: ЖДТУ. 2014. URL: https://eztuir.ztu.edu.ua/123456789/1434 (дата звернення: 27.06.2025).

60. Данильян О. Г., Дзьобань О. П. Методологія наукових досліджень : підручник. Харків : Право, 2019. 368 с.

61. Бірта Г.О., Бургу Ю.Г., Флока Л.В., Горячова О.О. Методологія і організація наукових досліджень : Навчальний посібник. Київ: Центр учбової літератури. 2014. 160 с.

62. Дані моніторингу (за районом річкового басейну або суббасейну) з 01.01.2025 до 31.10.2025 «Район річкового басейну: Дніпро; Суббасейн: Нижній Дніпро» Державне агенство водних ресурсів України URL: http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index (дата звернення: 10.10.2025).

63. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Інструкція з відбирання, підготовки проб води і ґрунту для хімічного та гідробіологічного аналізу гідрометеорологічними станціями і постами: затв. наказом Державної служби України з надзвичайних ситуацій від 19.01.2016 № 30 (із змінами, внесеними наказом № 126 від 16.03.2016). Київ: ДСНС України, 2016. 28 с. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0030388-16#Text (дата звернення: 21.08.2025).

64. Методика відбору проб для визначення складу і властивостей стічних вод підприємств при їх скиданні в системи каналізації м. Павлограда : 78 Рішення виконавчого комітету Павлоградської міської ради від 13.04.2016 р. № 278. Павлоград, 2016. 26 с. (дата звернення: 21.08.2025).

65. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» в магістерських дипломних роботах (проектах) зі спеціальності 133 – «Галузеве машинобудування» за освітньою програмою (спеціалізацією) – «Колісні та гусеничні транспортні засоби» для усіх форм навчання. / Укл.: М.І. Лазуткін. Запоріжжя : Каф. ОП і НС. НУ «Запорізька політехніка», 2020. 34 с.

66. Випромінювання іонізуюче: Словник-довідник з екології : навчально-методичний посіб. / уклад. О. Г. Лановенко, О. О. Остапішина. Херсон : ПП Вишемирський В., 2013. С. 36. (дата звернення: 23.08.2025).

67. Криволапчук В. О. та ін. Особиста безпека : навч.-практ. посіб. Київ : ВПЦ МВС України, 2006. 169 с. (дата звернення: 23.08.2025).