

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Навчально-науковий інститут екології, зеленої енергетики та сталого розвитку

Кафедра екології та менеджменту довкілля

До захисту допущено

Кафедрою екології та менеджменту довкілля протокол № _____ від _____

В.о. завідувача кафедри _____ Андрій АЧАСОВ
(підпис) (ім'я, прізвище)

« _____ » _____ 2025 р.

Кваліфікаційна робота
здобувача _____ першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
(першого (бакалаврського) / другого (магістерського))

Моніторинг якості води та її вплив на рибні популяції в
Печенізькому водосховищі
(назва роботи)

Спеціальність (спеціалізація) _____ 101 Екологія
(код та найменування спеціальності; спеціалізації спеціальності - за наявності)

Освітня програма _____ Екологія
(назва освітньої програми)

Виконавець _____ Олександр ТРУЩЕНКО
(підпис) (ім'я, прізвище)

Науковий керівник _____ Іветта КРИВИЦЬКА
(підпис) (ім'я, прізвище)

Харків – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗІНА

Навчально - науковий інститут екології, зеленої енергетики та сталого розвитку
Кафедра екології та менеджменту довкілля
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр
Спеціальність 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ / проф. Андрій АЧАСОВ
підпис ім'я та прізвище

“ 5 ” травня 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

_____ Олександр ТРУЩЕНКО _____
(ім'я та прізвище)

1. Тема роботи Моніторинг якості води та її вплив на рибні популяції в Печенізькому водосховищі

керівник роботи Іветта КРИВИЦЬКА, канд. біол. наук, доцент
(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “ _____ ” _____ 20__ року № _____

2. Строк подання студентом роботи 01 травня 2025 р.

3. Перелік питань, які потрібно розробити:

1. провести аналіз літературних джерел з питань оцінки якості поверхневих водних об'єктів;
2. опрацювати методику з визначення загального мікробного числа;
3. узагальнити результати лабораторних досліджень;

4. визначити динаміку змін фізико-хімічних показників води Печенізького водосховища.

5. дослідити вплив сезонних змін мікробіологічних показників води на формування розвитку захворювань риб.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Фактори антропогенного та мікробіологічного впливу на екологічний стан водних об'єктів
2	Методичні підходи задля визначення мікробіологічного та хімічного забруднення водних об'єктів
3	Дослідження якості води та її впливу на іхтіофауну Печенізького водосховища

5. Дата видачі завдання 17.05.2025 р.

Студент

підпис

Олександр ТРУЩЕНКО

ім'я і прізвище

Керівник роботи

доц. Іветта КРИВИЦЬКА

підпис

посада, ім'я і прізвище

АНОТАЦІЯ

**МОНІТОРИНГ ЯКОСТІ ВОДИ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА РИБНІ ПОПУЛЯЦІЇ В
ПЕЧЕНІЗЬКОМУ ВОДОСХОВИЩІ**

Олександр ТРУЩЕНКО

Кваліфікаційна робота «Моніторинг якості води та її вплив на рибні популяції в Печенізькому водосховищі» містить 55 сторінки, 4 розділи, 5 таблиць, 11 рисунків, 1 формулу та 40 використаних джерела.

Мета роботи: моніторинг якості води Печенізького водосховища та аналіз впливу гідрохімічних і мікробіологічних факторів на фізіологічний стан і захворюваність риб.

Актуальність дослідження: Актуальність теми зумовлена необхідністю постійного контролю якості водних ресурсів в умовах зростаючого антропогенного навантаження. Печенізьке водосховище є одним із основних джерел водопостачання регіону та важливим рибогосподарським об'єктом, що обумовлює підвищені вимоги до його екологічного стану.

Сезонні зміни гідрологічних і біогеохімічних процесів, зокрема весняне водопілля, сприяють надходженню забруднювальних речовин у водойму та ускладнюють прогнозування її екологічного стану. У зв'язку з цим особливого значення набуває комплексний моніторинг якості води та оцінка її впливу на рибні популяції.

Завдання: Проаналізувати сучасний стан проблеми якості води та її впливу на рибні популяції за літературними джерелами; охарактеризувати природні умови та господарське використання Печенізьке водосховище; провести відбір та аналіз проб води за основними фізико-хімічними показниками; визначити вміст важких металів у воді та оцінити їх відповідність гранично допустимим концентраціям; дослідити мікробіологічні показники води, зокрема загальне мікробне число; проаналізувати сезонну динаміку показників якості води (осінь–весна); оцінити вплив виявлених змін якості води на стан рибних популяцій та можливий розвиток захворювань. встановити просторові закономірності розподілу забруднювальних речовин у водосховищі.

Методи. Відбір проб води здійснювали відповідно до загальноприйнятих гідрохімічних методик у визначених створах Печенізьке водосховище у різні сезони (осінь 2025 року та весна 2026 року).

Для визначення фізико-хімічних показників води застосовували стандартні лабораторні методи аналізу. Вміст важких металів (Fe, Mn, Cu, Cr, Pb, Cd) визначали фотометричним методом із використанням фотометра eXact iDip Smart, що ґрунтується на вимірюванні оптичної густини забарвлених розчинів.

Мікробіологічні дослідження проводили методом підрахунку колонієутворюючих одиниць (КУО) з визначенням загального мікробного числа (ЗМЧ), що дозволяє оцінити рівень органічного забруднення води.

Результати. У просторовому аспекті як восени, так і навесні простежується тенденція до підвищення концентрацій металів у напрямку до смт Печеніги, що підтверджує роль водосховища як зони акумуляції забруднювачів. Проте навесні ця тенденція стає більш вираженою, що свідчить про інтенсифікацію процесів надходження та перерозподілу речовин.

Сезонне підвищення мікробного навантаження сприяє розвитку вторинних інфекцій, зокрема грибкових уражень типу сапролегніозу, які виникають на фоні ослаблення організму або механічних пошкоджень. Важливу роль відіграє і комплексний вплив факторів середовища: підвищена температура, зниження вмісту розчиненого кисню та наявність органічного забруднення створюють стресові умови, що знижують імунітет риб і підвищують їхню сприйнятливість до захворювань.

Сезонна динаміка мікробіологічного стану води безпосередньо визначає характер і рівень захворюваності риб: від відносно стабільного стану восени до підвищеного ризику розвитку інфекційних і паразитарних хвороб навесні. Це підкреслює необхідність врахування сезонного фактору при оцінці екологічного стану водойми та прогнозуванні стану іхтіофауни.

ХІМІЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ, СПЕЦИФІЧНІ ПОКАЗНИКИ, ЗАГАЛЬНЕ МІКРОБНЕ ЧИСЛО, СТАН РИБНИХ ПОПУЛЯЦІЙ, ЗАХВОРЮВАННЯ РИБ

ABSTRACT

**WATER QUALITY MONITORING AND ITS IMPACT ON FISH
POPULATIONS IN THE PECHENIZKE RESERVOIR**

Oleksandr TRUSHCHENKO

The qualification thesis “Water Quality Monitoring and Its Impact on Fish Populations in the Pechenizke Reservoir” consists of 55 pages, 4 chapters, 5 tables, 11 figures, 1 formula, and 40 references.

Objective: The aim of the study is to monitor the water quality of the Pechenizke Reservoir and to analyze the impact of hydrochemical and microbiological factors on the physiological condition and disease incidence of fish.

Relevance of the study: The relevance of the topic is обусловлена (driven by) the need for continuous monitoring of water resources quality under conditions of increasing anthropogenic pressure. The Pechenizke Reservoir is one of the main sources of water supply in the region and an important fishery water body, which determines high requirements for its ecological condition. Seasonal changes in hydrological and biogeochemical processes, particularly spring flooding, contribute to the inflow of pollutants into the reservoir and complicate the prediction of its ecological status. Therefore, comprehensive monitoring of water quality and assessment of its impact on fish populations is of particular importance.

Objectives: To analyze the current state of the problem of water quality and its impact on fish populations based on literature sources; to characterize the natural conditions and economic use of the Pechenizke Reservoir; to carry out sampling and analysis of water according to main physicochemical parameters; to determine the content of heavy metals and assess their compliance with maximum permissible concentrations; to investigate microbiological indicators, in particular total microbial count (TMC); to analyze seasonal dynamics of water quality indicators (autumn–spring); to assess the impact of detected changes on fish populations and possible disease development; and to establish spatial patterns of pollutant distribution within the reservoir.

Methods: Water sampling was carried out according to standard hydrochemical methods at selected sampling sites of the Pechenizke Reservoir during different seasons (autumn 2025 and spring 2026). Physicochemical parameters were determined using standard laboratory methods. The content of heavy metals (Fe, Mn, Cu, Cr, Pb, Cd) was determined by the photometric method using the eXact iDip Smart, based on measuring the optical density of colored solutions. Microbiological analysis was performed by counting colony-forming units (CFU) to determine total microbial count (TMC).

Results: Spatial analysis revealed that both in autumn and spring there is a tendency of increasing metal concentrations towards the Pechenihy site, confirming the role of the reservoir as a zone of pollutant accumulation. This trend becomes more pronounced in spring, indicating intensification of pollutant input and redistribution processes. Seasonal increase in microbial load contributes to the development of secondary infections, including fungal diseases such as saprolegniosis, which occur under weakened physiological conditions. The combined influence of environmental factors such as increased temperature, reduced dissolved oxygen, and organic pollution creates stress conditions that suppress fish immunity and increase their susceptibility to diseases.

Seasonal dynamics of the microbiological state directly determine the nature and level of fish morbidity, ranging from relatively stable conditions in autumn to an increased risk of infectious and parasitic diseases in spring. This emphasizes the importance of considering seasonal factors when assessing ecological conditions and predicting the state of fish populations.

CHEMICAL POLLUTION, SPECIFIC INDICATORS, TOTAL MICROBIAL COUNT, FISH POPULATION CONDITION, FISH DISEASES

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. ФАКТОРИ ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ	11
1.1. Фактори антропогенного та мікробіологічного впливу на екологічний стан водних об'єктів.....	11
1.2. Хвороби риб, зумовлені мікробіологічним забрудненням води.....	13
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ЗАДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МІКРОБІОЛОГІЧНОГО ТА ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	17
2.1. Важливість водного біорізноманіття як біомоніторингових індикаторів забруднення.....	17
2.2. Методика визначення загального мікробного числа (ЗМЧ).....	18
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ ТА ЇЇ ВПЛИВУ НА ІХТІОФАУНУ ПЕЧЕНІЗЬКОГО ВОДОСХОВИЩА.....	22
3.1. Гідрографічна характеристика Печенізького водосховища.....	22
3.2. Екологічна оцінка якості поверхневих вод Печенізького водосховища	25
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	44
ВИСНОВКИ.....	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	51

ВСТУП

Екологічний стан водних об'єктів значною мірою визначається впливом антропогенних факторів, серед яких особливе місце займає мікробіологічне забруднення. У сучасних умовах саме діяльність людини є ключовим чинником трансформації водних екосистем, що призводить до порушення їх природної рівноваги, зміни гідрохімічних показників та зниження біологічної стійкості.

Мікробіологічне забруднення формується внаслідок надходження до водних об'єктів неочищених або недостатньо очищених побутових і промислових стічних вод, а також поверхневого стоку з урбанізованих територій і сільськогосподарських угідь. Основними джерелами є каналізаційні скиди, тваринницькі комплекси, полігони відходів та аварійні витoki. У водному середовищі при цьому значно зростає концентрація патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів, включаючи бактерії, віруси та мікроскопічні гриби, що погіршує санітарно-гігієнічний стан води.

Одним із ключових наслідків мікробіологічного забруднення є порушення кисневого режиму водойм. Надходження значної кількості органічних речовин стимулює розвиток мікроорганізмів-деструкторів, які у процесі розкладання органіки інтенсивно споживають розчинений кисень. Це призводить до виникнення гіпоксичних або навіть анаеробних умов, що негативно впливає на гідробіонтів, зокрема риб і безхребетних. Крім того, активізація мікробіологічних процесів сприяє утворенню токсичних продуктів розкладу, таких як аміак, сірководень і метан.

Антропогенне забруднення водних об'єктів має комплексний характер і включає надходження хімічних, фізичних та біологічних забруднювачів. Промислові підприємства є джерелом важких металів, нафтопродуктів, синтетичних органічних сполук, які можуть чинити токсичний вплив на водні організми та накопичуватися у донних відкладах.

Урбанізовані території формують значний обсяг поверхневого стоку, який містить широкий спектр забруднюючих речовин, включаючи мікробіологічні контамінанти, важкі метали, нафтопродукти та побутові відходи. Особливо небезпечними є аварійні ситуації, пов'язані з витокami токсичних речовин або

пошкодженням інфраструктури, що може призводити до різкого погіршення якості води.

Мікробіологічне та хімічне забруднення тісно взаємопов'язані між собою. Наприклад, підвищення концентрації органічних речовин створює сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів, тоді як наявність токсичних хімічних сполук може змінювати склад мікробних угруповань і пригнічувати корисну мікрофлору. У результаті порушується природний процес самоочищення води, що призводить до накопичення забруднень і погіршення екологічного стану водних об'єктів.

Важливим фактором є також вплив кліматичних умов на інтенсивність мікробіологічного забруднення. Підвищення температури води сприяє активізації мікробіологічних процесів, прискоренню розкладання органічних речовин і збільшенню чисельності патогенних мікроорганізмів. У весняний період значну роль відіграє поверхневий стік, який переносить у водойми забруднюючі речовини та мікроорганізми, накопичені в ґрунті протягом зимового періоду.

Особливого значення набуває антропогенний вплив в умовах воєнних дій. Руйнування інфраструктури, витoki нафтопродуктів, забруднення територій вибуховими речовинами та важкими металами призводять до комплексного забруднення водних об'єктів, включаючи мікробіологічний компонент. Порушення роботи очисних споруд і систем водовідведення додатково ускладнює ситуацію та підвищує ризики для екосистем і здоров'я населення.

Таким чином, екологічний стан водних об'єктів формується під впливом взаємодії мікробіологічного та антропогенного забруднення, які мають як прямий, так і опосередкований вплив на водні екосистеми. Зменшення негативного впливу можливе лише за умови впровадження комплексних заходів, що включають ефективне очищення стічних вод, контроль джерел забруднення, постійний моніторинг мікробіологічних показників та раціональне використання водних ресурсів. Забезпечення екологічної безпеки водних об'єктів є необхідною умовою збереження біорізноманіття та сталого розвитку суспільства.

РОЗДІЛ 1

ФАКТОРИ ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

1.1. Фактори антропогенного та мікробіологічного впливу на екологічний стан водних об'єктів

Вода є надзвичайно важливим природним ресурсом для живих істот, екосистем та людей [1]. Протягом тривалого часу вода вважалася нескінченним ресурсом; однак її використання для всіх видів діяльності знаходиться на порозі перевищення природного рівня виробництва води на планеті [2]. Більшість проблем, пов'язаних з якістю води, виникають внаслідок інтенсивного сільського господарства, промислового виробництва, побутових та міських відходів, а також неочищених стічних вод [3]. Надмірне навантаження азотом та фосфатами, що значною мірою є результатом внесення добрив, є одними з найпоширеніших хімічних забруднювачів, зареєстрованих у світових прісноводних ресурсах [3, 4]. З іншого боку, у різних екосистемах виявлені нові сполуки та забруднювачі (наприклад, пестициди та антибіотики), що сприяє подальшому погіршенню якості води [5]. Щоб мінімізувати вплив на прісноводні водні екосистеми, важливо розуміти структуру, склад та динаміку біотичних спільнот, щоб захистити екологічну якість цих екосистем [6].

Водосховища подібні до природних озер за ємністю зберігання води, низькою швидкістю течії та абіотичними характеристиками порівняно з річками [7]. Однак природні озера відрізняються від водосховищ повільним формуванням внаслідок природних геоморфологічних процесів або швидким утворенням в результаті катастрофічних подій; процесами стратифікації; циркуляцією водних мас та гідродинамікою, що контролюються природними ритмами; та біорізноманіттям, яке історично було відібрано та адаптовано до природної динаміки озер [8]. Крім того, водосховища демонструють швидше збільшення концентрації поживних речовин (наприклад, фосфору та азоту) з фільтратів ґрунтів та прилеглої рослинності [9, 10], що посилюється

антропогенною діяльністю (наприклад, сільським господарством та промисловістю). Крім того, ця деградація води може спричинити аномальний ріст первинних продуцентів (що сприяє процесам евтрофікації), що може порушити баланс екосистеми [11, 12].

Європейський Союз схвалив Рамкову директиву з водних ресурсів 2000/60/ЄС (РВД) у 2000 році з метою стандартизації програм моніторингу та сталого управління водними об'єктами [13]. Запобігання погіршенню стану та забезпечення захисту й покращення водного середовища є важливими цілями, яких необхідно досягти в рамках цієї Директиви [14]. У рамках реалізації РВД було встановлено типологію для сильно змінених водних об'єктів, таких як водосховища. Згідно з РВД, у цьому випадку застосовувалася концепція екологічного потенціалу, що представляє собою відхилення фактичної якості водної екосистеми від максимуму, якого вона може досягти.

РВД пропонує фітопланктон як біологічний елемент для характеристики водосховищ та оцінки якості води. Склад фітопланктонної спільноти безпосередньо пов'язаний з трофічним станом. Таким чином, зміна біомаси та часова послідовність популяцій фітопланктону (сезонна сукцесія) пов'язані з абіотичними компонентами (наприклад, поживними речовинами) та біотичними взаємодіями (наприклад, зоопланктоном та іхтіофауною) [15]. Однак зоопланктон, який відіграє ключову роль у харчовому ланцюзі як основний споживач, не включено до оцінки якості води водосховищ [14, 16, 17]. Крім того, вже було показано, що цей біологічний компонент чутливий до хімічних та фізичних коливань у водних екосистемах, таких як водосховища [14]. Визнаючи цю екологічну важливість, кілька авторів продемонстрували, що зоопланктон слід включити до РВД як біологічний елемент для оцінки екологічного потенціалу прісноводних екосистем з сочевицею [16 - 18].

Складні взаємодії відбуваються між організмами в природних екосистемах у відповідь на фізичні та хімічні властивості навколишнього середовища. Ці взаємодії є динамічними та є результатом постійних реакцій на фактори навколишнього середовища [19]. Що стосується водойм, більшість проблем,

пов'язаних з якістю води, виникають внаслідок тиску людини, а саме інтенсивного сільського господарства, урбанізації та індустріалізації, побутових та міських відходів [20]. Надмірна концентрація поживних речовин, таких як азот і фосфати, є результатом застосування добрив і є однією з найважливіших практик, що призводять до хімічного забруднення прісноводних ресурсів [21]. Також у багатьох водних екосистемах були виявлені нові сполуки та забруднювачі (наприклад, пестициди та антибіотики), що сприяє подальшому погіршенню якості води [22].

У Середземноморському регіоні, де вода може бути дефіцитною, особливо влітку та восени, і вважається ресурсом, що знаходиться під загрозою зникнення, водосховища є вдосталь, щоб мінімізувати цю проблему [23]. Враховуючи цінність цих екосистем, забезпечення якості води має вирішальне значення, оскільки більшість водосховищ постачають воду для споживання людиною та сільськогосподарського зрошення, ресурсу, який іноді може бути дефіцитним [12]. Для контролю якості води у 2000 році Європейський Союз схвалив ВРД з метою оцінки екологічного стану європейських вод. Протягом останніх двох десятиліть комплексна оцінка екологічної якості води прісноводних водойм на основі біологічних показників є основною сферою досліджень, значною мірою завдяки постійному оновленню законодавства [24]. Однак зоопланктон, незважаючи на його екологічне значення в прісноводних харчових ланцюгах, не був включений до підходу ВРД [25].

1.2. Хвороби риб, зумовлені мікробіологічним забрудненням води

Мікробіологічне забруднення водних об'єктів є одним із ключових факторів, що негативно впливають на стан іхтіофауни. Воно формується внаслідок надходження до водойм неочищених або недостатньо очищених стічних вод, органічних відходів, а також внаслідок інтенсивної господарської діяльності людини. У таких умовах відбувається різке зростання чисельності

патогенних мікроорганізмів, що створює сприятливе середовище для розвитку інфекційних захворювань риб.

Найбільш поширеними захворюваннями, пов'язаними з мікробіологічним забрудненням води, є бактеріальні інфекції, зокрема аеромоноз та псевдомоноз. Аеромоноз, спричинений бактеріями роду *Aeromonas*, характеризується розвитком геморагічної септицемії, утворенням виразок на поверхні тіла риби, крововиливами та ураженням внутрішніх органів. Це захворювання часто виникає в умовах підвищеної органічної забрудненості води та дефіциту розчиненого кисню. Псевдомоноз, викликаний бактеріями роду *Pseudomonas*, проявляється у вигляді некротичних уражень шкіри, руйнування плавників та запальних процесів у зябрах. Обидва захворювання значно знижують життєздатність риб і можуть призводити до їх масової загибелі.

Крім бактеріальних інфекцій, важливу роль відіграють грибкові захворювання, зокрема сапролегніоз, який проявляється у вигляді білого «ватоподібного» нальоту на тілі риби. Грибкові інфекції зазвичай розвиваються як вторинні, на фоні ослаблення організму риб, спричиненого погіршенням якості води. Паразитарні захворювання, такі як іхтіофтиріоз та дактилогіроз, також тісно пов'язані з мікробіологічним станом водного середовища, оскільки забруднення сприяє зниженню імунітету риб і полегшує розвиток паразитів.

Мікробіологічне забруднення води не лише прямо впливає на розвиток хвороб, але й опосередковано погіршує фізіологічний стан риб. Високий вміст органічних речовин у воді призводить до зниження концентрації розчиненого кисню, що викликає стрес та порушення обміну речовин. У таких умовах навіть умовно-патогенні мікроорганізми стають небезпечними і здатні викликати захворювання.

Таким чином, мікробіологічне забруднення є важливим екологічним чинником, що визначає епізоотичний стан водних екосистем. Контроль якості води, ефективне очищення стічних вод та регулярний моніторинг мікробіологічних показників є необхідними заходами для запобігання

поширенню інфекційних захворювань риб і збереження біорізноманіття водних об'єктів.

Aeromonas hydrophila – це прісноводна, факультативно анаеробна, хемоорганогетеротрофна бактерія, яка викликає захворювання у риб, амфібій, рептилій, птахів і ссавців, при цьому найпоширенішими видами захворювань є гастроентерит, септицемія та некротизуючий фасциїт [26]. Види *Aeromonas* зустрічаються у різних водних і екологічних середовищах, включно з осадами, естуаріями, водоростями, морськими травами, використаною водою, питною водою та їжею [27]. Рід *Aeromonas* складається з грамнегативних, рухливих бацил, або коккобацил, неспороутворюючих, з округлими кінцями розміром від 1 до 3,5 мкм у діаметрі і належить до родини *Aeromonadaceae* *Gammaproteobacteria*. Вони факультативно анаеробні, каталазні, оксидазові та індол-позитивні, здатні перетворювати нітрат на нітрит і загалом стійкі до вібріостатичного агента O/129. У мікробіологічному дослідженні *A. hydrophila* поширена в затоці Чесапек та її притоках з концентраціями від приблизно $4,6 \times 10^2/\text{г}$ у осадах і $<0,3/\text{л}$ до $5 \times 10^3/\text{мл}$ у водній товщі [28]. Карер та ін. [29] виявили, що *A. hydrophila* у водах для вирощування молюсків має кількість клітин від 3 до 2400 клітин на 100 мл у воді та від 3 до 4600 клітин на 100 г у устриць.

Коропи – це основна група прісноводних риб, які є важливими джерелами їжі та дослідницькими моделями по всьому світу. *Aeromonas* sp. та *Pseudomonas* sp. є найпоширенішими бактеріями, ізольованими з систем вирощування коропів [30]. *A. hydrophila* – це широко досліджувана бактерія через її поширення в естуаріях, їжі, воді, стійкості до антибіотиків і потенціалу викликати захворювання у тварин і людей [31]. Останні дослідження показали, що рухомі види *Aeromonas*, особливо *A. hydrophila*, є основними збудниками різних інфекцій. Аеромоніоз виявився найпоширенішим бактеріальним захворюванням, що зустрічається цілий рік у індійських великих коропів *Catla catla*, *Labeo rohita*, *Cirrhinus mrigala* та екзотичних коропів, таких як *Hypophthalmichthys molitrix*, *Ctenopharyngodon idella* та *Cyprinus carpio*. *H. molitrix* був найбільш чутливим до *Aeromonas* серед шести досліджених видів

риб. *A. hydrophila* має природне середовище існування у воді і може процвітати при температурах від 0 до 45 °C з оптимальною температурою 22–32 °C. У риб інфекція *A. hydrophila* є зоонозним захворюванням, тобто може передаватися від тварин до людини і навпаки. Стресові умови, такі як скупченість, низький рівень розчиненого кисню, вищий вміст органічних речовин, фізичні травми, коливання температури та забруднення фабрик, можуть спричинити інфекцію *A. hydrophila*.

A. hydrophila класифікується як первинний або вторинний патоген. Коли патоген самостійно викликає хворобу у риб, що перебуває у стресі, його називають первинним патогеном. Зазвичай *A. hydrophila* зустрічається як вторинний загартбник. Оскільки вторинні патогени мають обмежену інвазивну здатність, вони залежать від наявності первинної інфекції для зараження. *A. hydrophila* зазвичай вважається вторинним патогеном, який заражає рибу, яка вже була інфікована іншою інфекцією. *A. hydrophila* також може діяти як опортуністичний загартбник, заражаючи рибу у стресових умовах або разом з іншими патогенами. Вважається ефективним біомаркером стресового або забрудненого водного середовища [32]. Термін «опортуністичний патоген» означає, що, якщо дати шанс, *A. hydrophila* завжди має потенціал спричинити хворобу.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ЗАДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МІКРОБІОЛОГІЧНОГО ТА ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

2.1. Важливість водного біорізноманіття як біомоніторингових індикаторів забруднення

Якість води є важливим критерієм для всіх живих істот. Забезпечення чистою водою залишається надзвичайно вимогливим у світі і є конкретною основною метою (№ 6 «Чиста вода та санітарія») серед 17 Цілей розвитку сталого розвитку ООН. Вода з порушенням якості становить серйозні загрози для здоров'я людей і тварин, як безпосередньо через хвороби, що передаються через воду, так і/або опосередковано через харчові хвороби, внаслідок забруднення їжі, наприклад, патогенами у очищеній воді, що використовується для зрошення та виробництва їжі.

Вода, забруднена мікробними патогенами, становить серйозну суспільну загрозу у всьому світі, щороку спричиняючи понад 800 000 смертей [33]. Пов'язані з цим глобальні економічні втрати оцінюються майже у 12 мільярдів доларів США на рік [34]. Забруднення патогенами реєструвалися/повідомлялися у різних типах води, таких як прісна вода, морська вода, питна вода, очищена вода та стічні води. Ця проблема призвела до масштабних епідемічних спалахів, що передаються через воду, у низці країн світу, переважно спричинених патогенними бактеріями, вірусами та найпростішими.

Для забезпечення своєчасної реакції з ефективними та відповідними заходами з усунення є надзвичайно важливими надійними та швидкими методами виявлення мікробних забруднювачів у воді, особливо на початку епідемічного спалаху.

Забезпечення високої якості води є необхідним для збереження здоров'я риб і максимізації виробництва, при цьому мікробні спільноти відіграють ключову роль як у підтримці якості води, так і у впливі на добробут риб [35].

Хоча певні бактерії позитивно впливають на здоров'я риб, наявність патогенних і опортуністичних мікроорганізмів становить серйозну загрозу у закритих системах [36]. Навіть непатогенні мікроорганізми, такі як бактерії, що відновлюють сульфати, можуть негативно впливати на здоров'я риб через утворення токсичного H_2S в анаеробних умовах. Однак інтенсифікація аквакультури призвела до ескалації спалахів хвороб від різних патогенів, включаючи вібріоз і пастерелоз [37]. Окрім профілювання мікробіоти, інші методи можуть надавати пряму інформацію про здоров'я риб і загальну якість системи. Тканинна гістологія відіграє важливу роль в управлінні аквакультурою завдяки здатності виявляти зміни до появи видимих симптомів, що є ефективним інструментом раннього виявлення проблем. Хоча чисто описова гістологія може створювати труднощі у статистичній асоціації з параметрами вирощування, кількісні та напівкількісні системи оцінювання гістопатології пропонують цінні уявлення про здоров'я риб, які легко пов'язані з параметрами вирощування [38].

2.2. Методика визначення загального мікробного числа (ЗМЧ)

Визначення загального мікробного числа (ЗМЧ) є одним із основних методів мікробіологічного аналізу, який застосовується для оцінки санітарного стану об'єктів довкілля, зокрема води, ґрунту, харчових продуктів та інших середовищ. Даний показник відображає загальну кількість життєздатних мікроорганізмів, здатних утворювати колонії на щільних поживних середовищах за визначених умов культивування. ЗМЧ широко використовується як індикатор рівня мікробного забруднення та ефективності санітарно-гігієнічних заходів.

Метод визначення ЗМЧ ґрунтується на висіві досліджуваного зразка або його розведень на щільні поживні середовища з подальшим інкубуванням і підрахунком колоній, що вирости. Кожна колонія вважається результатом розвитку однієї клітини або їх агрегату, що дозволяє оцінити загальний рівень мікробного забруднення.

Показник загального мікробного числа широко застосовується для контролю санітарного стану об'єктів, оцінки ефективності очищення та дезінфекції, а також у системах екологічного моніторингу. Його підвищені значення свідчать про наявність органічного забруднення та можливе погіршення якості середовища.

Разом з тим, слід враховувати, що метод визначає лише ту частину мікроорганізмів, яка здатна рости за заданих лабораторних умов, тому отримані результати можуть не відображати повну чисельність мікробіоти.

Метою методики є кількісне визначення колонієутворюючих одиниць (КУО) у досліджуваному зразку шляхом висіву на поживні середовища з подальшим підрахунком сформованих колоній. Принцип методу ґрунтується на тому, що кожна життєздатна клітина або їх група за сприятливих умов здатна утворити окрему колонію, яка піддається візуальному обліку [39].

Для виконання дослідження використовують стерильний лабораторний посуд, універсальні поживні середовища (наприклад, м'ясо-пептонний агар), термостат, піпетки, чашки Петрі, ламінарний бокс або спиртовий пальник та інші допоміжні матеріали. Обов'язковою умовою є суворе дотримання правил асептики з метою запобігання сторонньому контамінуванню.

На початковому етапі здійснюється відбір проби відповідно до типу досліджуваного об'єкта. Для води використовують стерильні ємності, для ґрунту – стерильні контейнери з подальшим перемішуванням і приготуванням суспензії. Тверді зразки попередньо гомогенізують і готують вихідну суспензію у стерильному фізіологічному розчині або буфері.

Далі проводять серійні десяткові розведення досліджуваного матеріалу. З цією метою 1 мл вихідної суспензії переносять у 9 мл стерильного розчину, отримуючи розведення 10^{-1} . Аналогічним способом готують наступні розведення (10^{-2} , 10^{-3} тощо) залежно від очікуваного рівня забруднення. При кожному етапі використовують нові стерильні піпетки або наконечники для уникнення перехресного забруднення [39].

Наступним етапом є висів проби на поживне середовище. Використовують поверхневий або глибинний метод. У першому випадку на поверхню застиглому агару наносять невеликий об'єм розведеної проби (зазвичай 0,1 мл) та рівномірно розподіляють її стерильним шпателем. При глибинному методі у чашку Петрі вносять 1 мл розведення, після чого додають розплавлений агар, охолоджений до температури 45–50 °С, та перемішують.

Після висіву чашки інкубують у термостаті при температурі 30–37 °С протягом 24–72 годин залежно від типу мікроорганізмів і вимог методики. Чашки розміщують догори дном, щоб запобігти утворенню конденсату, який може вплинути на точність результатів [39].

Після завершення інкубації проводять підрахунок колоній. Для аналізу обирають чашки, де кількість колоній становить від 30 до 300, оскільки цей інтервал вважається статистично достовірним. Підрахунок здійснюють вручну або за допомогою спеціальних пристроїв, при цьому оцінюють морфологічні характеристики колоній.

Розрахунок ЗМЧ виконують за формулою:

$$\text{ЗМЧ} = (N \times D) / V, \quad (2.1)$$

де N – кількість колоній, D – коефіцієнт розведення, V – об'єм висіяної проби (мл). Результати виражають у КУО/мл або КУО/г залежно від типу матеріалу [39].

Отримані значення порівнюють із нормативними показниками, встановленими для відповідного об'єкта. Перевищення допустимих рівнів свідчить про наявність мікробного забруднення та можливі порушення санітарних умов.

Серед основних джерел похибок виділяють порушення стерильності, неточність приготування розведень, нерівномірний розподіл проби, відхилення від оптимальних умов інкубації та помилки під час підрахунку колоній. Для підвищення достовірності результатів рекомендується проводити дослідження у кількох паралелях із подальшим обчисленням середнього значення.

Метод визначення загального мікробного числа є простим, доступним і наочним, що обумовлює його широке застосування. Водночас він враховує лише ті мікроорганізми, які здатні рости за заданих умов культивування, тому реальна чисельність мікробіоти може бути вищою.

Таблиця 2.1

Норми загального мікробного числа

Об'єкт дослідження	Умови визначення	Нормативні значення ЗМЧ	Одиниці вимірювання	Нормативний документ / примітка
Питна вода	22 °С	≤ 100	КУО/мл	ДСТУ EN ISO 6222:2015
Питна вода	37 °С	$\leq 20-50$	КУО/мл	ДСТУ EN ISO 6222:2015
Поверхневі води	—	до 10^3 (чисті)	КУО/мл	Орієнтовна класифікація [39]
Поверхневі води	—	10^3-10^5 (помірно забруднені)	КУО/мл	Орієнтовна класифікація [39]
Поверхневі води	—	$>10^5$ (сильно забруднені)	КУО/мл	Орієнтовна класифікація [39]

Таким чином, визначення ЗМЧ є важливим елементом мікробіологічного контролю, що дозволяє оцінити рівень забруднення та забезпечити санітарну безпеку об'єктів довкілля, харчових продуктів і водних ресурсів (табл. 2.1).

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ ТА ЇЇ ВПЛИВУ НА ІХТІОФАУНУ ПЕЧЕНІЗЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

3.1. Гідрографічна характеристика Печенізького водосховища

Печенізьке водосховище є одним із найбільших штучних водних об'єктів на сході України, розташованим у межах Харківської області на річці Сіверський Донець. Воно відіграє важливу роль у водогосподарському комплексі регіону, забезпечуючи водопостачання, регулювання стоку, рекреаційні функції та підтримання екологічного балансу (рис. 3.1).

Водосховище створене у 1960-х роках шляхом спорудження гідротехнічного вузла з метою акумулювання водних ресурсів та забезпечення стабільного водопостачання промислових підприємств і населення, зокрема міста Харкова. Розташування водосховища у середній течії річки Сіверський Донець визначає його гідрологічні та гідрохімічні особливості, які формуються під впливом як природних умов, так і антропогенного навантаження.

Площа водного дзеркала Печенізького водосховища становить близько 86 км², а повний об'єм води – понад 380 млн м³. Середня глибина коливається в межах 4–5 м, тоді як максимальна глибина сягає приблизно 20 м у районі греблі. Довжина водосховища становить близько 65 км, що надає йому витягнутої форми, характерної для руслових водосховищ.

Гідрологічний режим водосховища визначається переважно водністю річки Сіверський Донець, яка є основним джерелом живлення. Додатковими джерелами є притоки, атмосферні опади та підземні води. Режим водосховища характеризується сезонними коливаннями рівня води, які пов'язані з весняним паводком, літньою меженню та зимовим періодом льодоставу. Найбільші рівні води спостерігаються навесні внаслідок танення снігу, тоді як у літньо-осінній період відбувається їх зниження.

Температурний режим водосховища має виражену сезонну динаміку. У літній період температура поверхневих шарів води може досягати 22–25 °С, тоді як взимку формується льодовий покрив. У глибших шарах можливе утворення температурної стратифікації, що впливає на розподіл кисню та інших хімічних компонентів у товщі води [40].

Гідрохімічний склад води формується під впливом природних процесів та антропогенного навантаження. Вода Печенізького водосховища характеризується як помірно мінералізована, з переважанням гідрокарбонатно-кальцієвого типу. Основними показниками якості є вміст розчиненого кисню, біогенних елементів (азоту та фосфору), органічних речовин та мікробіологічні характеристики. Значний вплив на гідрохімічний режим мають скиди стічних вод, сільськогосподарський стік та урбанізовані території.

Важливою особливістю водосховища є процеси евтрофікації, які обумовлені надходженням надлишкових поживних речовин. Це призводить до інтенсивного розвитку фітопланктону, зокрема синьо-зелених водоростей, що може спричиняти «цвітіння» води, зниження прозорості та дефіцит кисню у придонних шарах.

Гідробіологічні умови Печенізького водосховища характеризуються значним різноманіттям біоти. Тут сформовані угруповання фітопланктону, зоопланктону, бентосу та іхтіофауни. Водосховище є важливим об'єктом рибогосподарського використання, де мешкають різні види риб, зокрема короп, карась, лящ, судак, щука та інші. Однак екологічний стан водосховища безпосередньо впливає на стан іхтіофауни, зокрема через зміни кисневого режиму та рівень забруднення [40].

Антропогенний вплив на водосховище є значним і проявляється у вигляді скидів недостатньо очищених стічних вод, надходження агрохімікатів з прилеглих сільськогосподарських угідь, рекреаційного навантаження та змін у гідрологічному режимі. Урбанізація та розвиток інфраструктури також сприяють збільшенню обсягів поверхневого стоку, що містить різноманітні забруднюючі речовини.

Окремо слід відзначити вплив сезонних факторів на екологічний стан водосховища. Навесні інтенсивне танення снігу призводить до надходження значної кількості забруднень, накопичених у ґрунтах, що спричиняє погіршення якості води. Влітку високі температури активізують біологічні процеси, що може призводити до розвитку водоростей та дефіциту кисню. Восени відбувається часткова стабілізація стану води, тоді як взимку зниження температури уповільнює біохімічні процеси.

Таким чином, Печенізьке водосховище є складною гідрологічною системою, екологічний стан якої формується під впливом природних процесів та антропогенних факторів. Його гідрографічні характеристики визначаються режимом річки Сіверський Донець, кліматичними умовами, геологічними особливостями та господарською діяльністю людини. Збереження стабільного екологічного стану водосховища потребує постійного моніторингу, раціонального використання водних ресурсів та впровадження природоохоронних заходів [40].

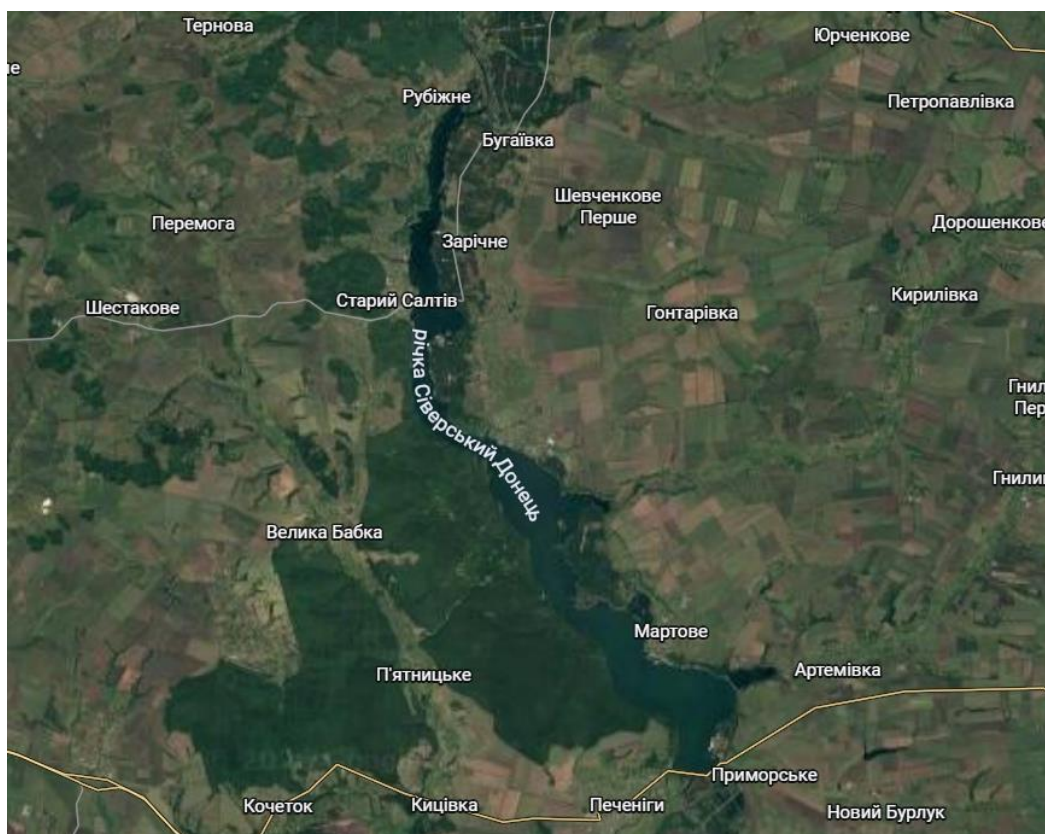


Рис. 3.1 – Печенізьке водосховище

3.2. Екологічна оцінка якості поверхневих вод Печенізького водосховища

Відбір зразків поверхневих вод з Печенізького водосховища було здійснено восени 2025 та навесні 2026 років (рис. 3.2). У зразках поверхневих вод визначався вміст важких металів та загальне мікробне число.

Локація відбору зразків з р. Печенізького водосховища:

1. с. Рубіжне, 50.162771, 36.832948;
2. смт Старий Салтів, 50.078420, 36.808288;
3. с. Мартове, 49.938087, 36.943507;
4. смт Печеніги, 49.886795, 36.983333.

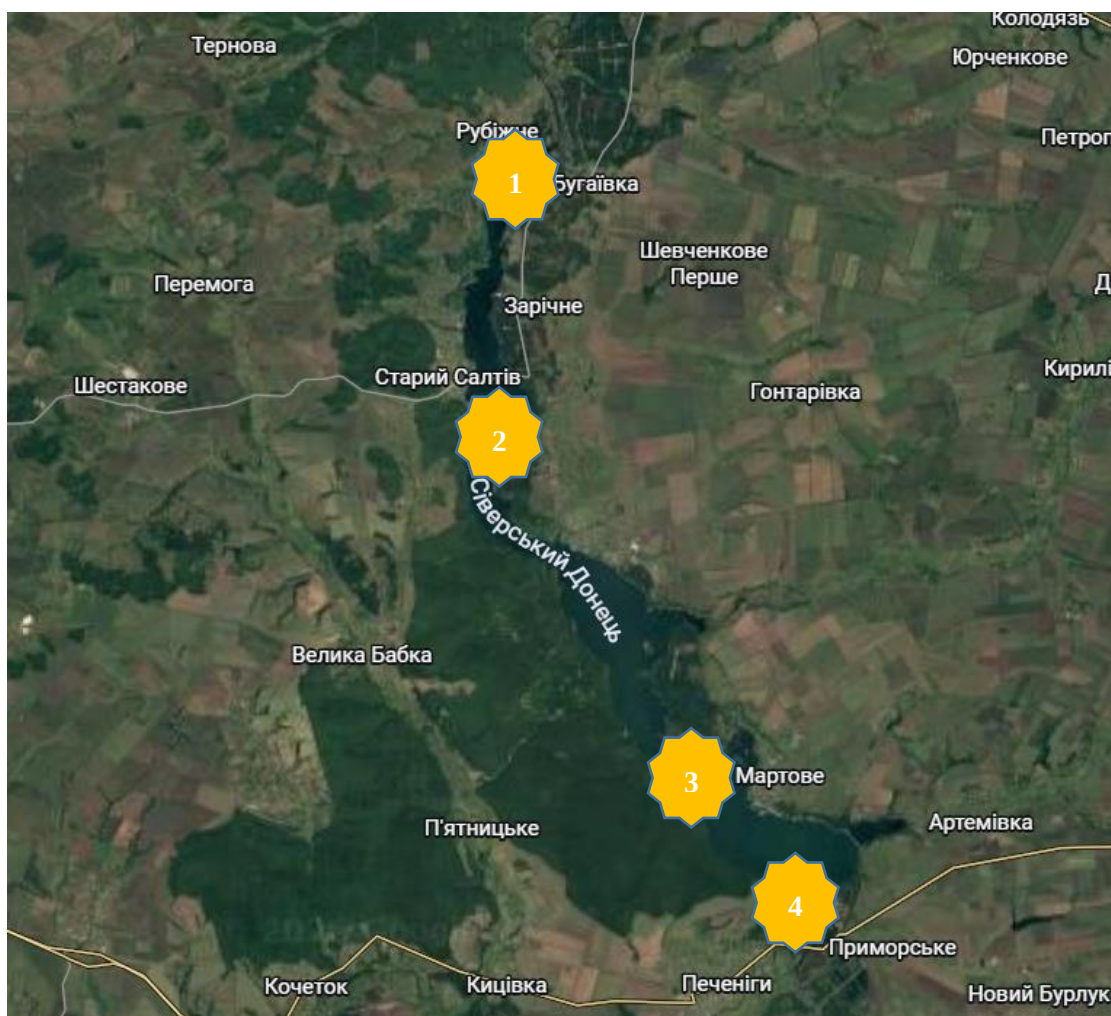


Рис. 3.2 – Місця відбору зразків води з Печенізького водосховища

Визначення вмісту важких металів та загального мікробного числа у зразках поверхневих вод, які було відібрано з Печенізького водосховища проводилось у лабораторії еколого-токсикологічних досліджень ННІ екології, зеленої енергетики та сталого розвитку.

Таблиця 3.1.

Результати визначення вмісту важких металів у зразках поверхневих вод, які було відібрано з Печенізького водосховища восени 2025 року

Речовина	с. Рубіжне	сmt Старий Салтів	с. Мартове	сmt Печеніги	ГДК, мг/л
Марганець, мг/л	0,1	0,05	0,04	0,1	0,05
Мідь, мг/л	0,5	0,6	0,6	0,7	1
Хром, мг/л	0,04	0,02	0,02	0,03	0,05
Залізо (загальне), мг/л	0,4	0,5	0,5	0,6	0,2
Свинець, мг/л	0,008	0,007	0,007	0,008	0,01
Кадмій, мг/л	0,0008	0,0007	0,0007	0,0008	0,001

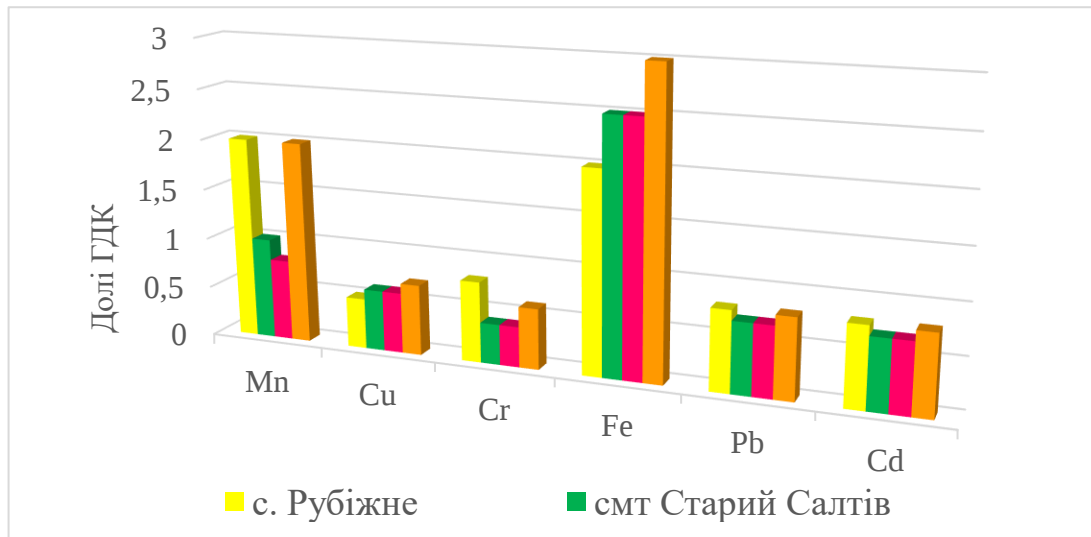


Рис. 3.3 – Результати визначення концентрацій важких металів у зразках поверхневих вод, які було відібрано з Печенізького водосховища восени 2025 року

Наведені дані дозволяють оцінити рівень забруднення води важкими металами у різних створах водної екосистеми, пов'язаної з Печенізьким водосховищем та порівняти їх із гранично допустимими концентраціями (ГДК).

Аналіз показує, що серед досліджених компонентів найбільш проблемними є залізо та марганець. Концентрації марганцю у створах коливаються від 0,04 до 0,1 мг/л. При цьому у пунктах с. Рубіжне та смт Печеніги значення (0,1 мг/л) перевищують ГДК (0,05 мг/л) у 2 рази, що свідчить про підвищений вміст цього елемента. У смт Старий Салтів значення знаходиться на межі допустимого, тоді як у с. Мартове воно дещо нижче нормативу. Таке підвищення може бути пов'язане як із природними геохімічними умовами, так і з процесами відновлення у придонних шарах води.

Ще більш виражене перевищення спостерігається для загального заліза. Його концентрації становлять 0,4–0,6 мг/л при нормативі 0,2 мг/л, що означає перевищення у 2–3 рази на всіх досліджених ділянках. Максимальні значення зафіксовані у смт Печеніги (0,6 мг/л). Це вказує на стабільно підвищений вміст заліза у воді, що може бути обумовлено як природним вимиванням із ґрунтів і донних відкладів, так і техногенними чинниками. Підвищений вміст заліза негативно впливає на органолептичні властивості води та може спричиняти вторинні екологічні ефекти.

Концентрації міді знаходяться в межах 0,5–0,7 мг/л при ГДК 1,0 мг/л, тобто не перевищують норматив. Найвищі значення зафіксовані у смт Печеніги (0,7 мг/л), що може свідчити про локальний вплив антропогенних джерел, однак у цілому рівень забруднення міддю можна оцінити як помірний і допустимий.

Вміст хрому у всіх точках відбору проб становить 0,02–0,04 мг/л, що нижче за гранично допустиму концентрацію (0,05 мг/л). Це свідчить про відсутність суттєвого забруднення води хромом та стабільний стан за цим показником.

Свинець і кадмій, незважаючи на їх високу токсичність, зафіксовані у низьких концентраціях. Вміст свинцю коливається у межах 0,007–0,008 мг/л, що не перевищує ГДК (0,01 мг/л), хоча наближається до неї. Концентрації кадмію становлять 0,0007–0,0008 мг/л при допустимому рівні 0,001 мг/л, що також

відповідає нормативам. Однак навіть такі значення потребують контролю, оскільки ці елементи мають кумулятивний ефект і можуть накопичуватися в донних відкладах та живих організмах.

У просторовому аспекті спостерігається певна тенденція до зростання концентрацій більшості металів у напрямку до смт Печеніги, що може свідчити про акумуляцію забруднювачів у водосховищі. Найбільш сприятливий стан за більшістю показників відзначається у с. Мартове, де концентрації марганцю та інших елементів є найнижчими.

Загалом екологічний стан води за вмістом важких металів можна оцінити як задовільний з окремими ознаками погіршення, зумовленими перевищенням ГДК для заліза та марганцю. Інші метали перебувають у межах допустимих значень, проте їх наявність вимагає регулярного моніторингу. Основну екологічну загрозу становить не стільки миттєвий рівень концентрацій, скільки можливість їх накопичення у донних відкладах і подальшої ремобілізації у водне середовище (рис. 3.3, табл. 3.1).

Таблиця 3.2.

Показники загального мікробного числа (ЗМЧ) у досліджених пробах води, які було відібрано восени 2025 року

Створи	Загальне мікробне число (ЗМЧ), КУО/см ³	Загальне мікробне число (ЗМЧ), КУО/дм ³
с. Рубіжне	71,1 ± 4,13	7,1 × 10 ⁴
сmt Старий Салтів	455,0 ± 2,19	4,5 × 10 ⁵
с. Мартове	73,5 ± 4,29	7,4 × 10 ⁴
сmt Печеніги	64,1 ± 3,42	6,4 × 10 ⁴

Аналіз даних показує, що значення ЗМЧ у всіх точках відбору проб знаходяться в межах від 64,1 до 85,0 КУО/см³, що у перерахунку становить від 6,4 × 10⁴ до 8,5 × 10⁴ КУО/дм³ (з урахуванням узгодження порядку величин). Такий діапазон свідчить про відносно однорідний, але помірний рівень мікробного забруднення води (табл. 3.2).

Найвищий показник зафіксовано у створі сmt Старий Салтів (45,0 ± 2,19 КУО/см³), що може вказувати на підвищене антропогенне навантаження в даній

ділянці. Ймовірними причинами є вплив населеного пункту, рекреаційна діяльність, а також можливе надходження побутових стічних вод. Крім того, водні маси у цій зоні можуть характеризуватися менш інтенсивним перемішуванням, що сприяє накопиченню мікроорганізмів.

Інші створи демонструють дещо нижчі значення. У с. Рубіжне та с. Мартове показники є близькими ($71,1 \pm 4,13$ та $73,5 \pm 4,29$ КУО/см³ відповідно), що свідчить про подібні умови формування мікробіологічного стану води. У смт Печеніги зафіксовано найнижче значення ($64,1 \pm 3,42$ КУО/см³), що може бути пов'язано з кращим водообміном або меншою інтенсивністю локальних джерел забруднення.

Слід звернути увагу на величини похибок. Вони є відносно невеликими та становлять від $\pm 2,19$ до $\pm 4,29$ КУО/см³, що свідчить про достатню точність вимірювань. Найбільша варіабельність характерна для створів с. Рубіжне та с. Мартове, що може бути пов'язано з природними коливаннями мікробного складу води або неоднорідністю проб.

З гігієнічної точки зору отримані значення перебувають у межах, характерних для води з помірним мікробним навантаженням. Вони не свідчать про критичне забруднення, однак відображають наявність органічних речовин, які слугують поживним середовищем для мікроорганізмів. Підвищені значення у окремих створах можуть вказувати на локальні джерела органічного забруднення або вплив антропогенних факторів.

У просторовому аспекті спостерігається тенденція до деякого зростання мікробного навантаження у зоні смт Старий Салтів з подальшим зниженням у напрямку до смт Печеніги. Це може свідчити про процеси самоочищення води в межах водосховища, зокрема розбавлення, седиментацію та біологічну трансформацію органічних речовин.

Загалом мікробіологічний стан води можна охарактеризувати як відносно стабільний із помірним рівнем забруднення. Водночас наявність просторових відмінностей підкреслює необхідність регулярного моніторингу, особливо в ділянках із підвищеним антропогенним впливом.

Умови існування риб у Печенізьке водосховище за наявних показників якості води, які були визначенні восени 2025 року, можна охарактеризувати як відносно сприятливі, проте з певними ознаками екологічного навантаження. Помірний рівень загального мікробного числа свідчить про відсутність різко вираженого органічного забруднення, що дозволяє підтримувати нормальний кисневий режим і забезпечує базові умови для життєдіяльності риб. Водночас підвищений вміст окремих металів, зокрема заліза та марганцю, а також наявність токсичних елементів у низьких концентраціях (кадмій, свинець) можуть чинити тривалий хронічний вплив на організм риб. Такий вплив проявляється не у вигляді масової загибелі, а через фізіологічні порушення: зниження інтенсивності росту, пригнічення обміну речовин, погіршення функції зябер та ослаблення імунітету.

У подібних умовах у риб підвищується ризик розвитку різних захворювань, насамперед тих, що пов'язані зі стресом і зниженням резистентності організму. Серед бактеріальних хвороб найчастіше можуть виникати аеромоноз, який проявляється утворенням виразок, почервонінням покривів і внутрішніми ураженнями, а також псевдомоноз, що супроводжується загальним виснаженням і септичними процесами. За наявності сприятливих умов для паразитів можливий розвиток іхтіофтіріозу, відомого як «манка», що характеризується появою білих крапок на тілі та зябрах, а також дактилогірозу і гіродактильозу – уражень, які локалізуються на зябрах і шкірі та ускладнюють дихання. У випадку ослаблення організму або механічних пошкоджень може розвиватися сапролегніоз – грибкове захворювання, яке проявляється у вигляді ватоподібного нальоту на поверхні тіла.

Крім інфекційних хвороб, можливі й функціональні порушення, пов'язані з якістю води: подразнення та ушкодження зябрового апарату, що погіршує газообмін, а також токсичні ефекти від накопичення важких металів у тканинах, які можуть впливати на нервову систему та репродуктивні процеси. Особливо чутливими до таких змін є молоді особини та ікра, для яких навіть незначні відхилення якості води можуть мати суттєві наслідки.

Отже, риби в умовах даного водосховища загалом здатні нормально існувати, проте перебувають під впливом помірного антропогенного навантаження, що може спричиняти розвиток інфекційних і паразитарних захворювань, а також хронічних фізіологічних порушень. Це підкреслює необхідність постійного контролю якості води та стану іхтіофауни.

Таблиця 3.3.

Результати визначення вмісту важких металів у зразках поверхневих вод, які було відібрано з Печенізького водосховища навесні 2026 року

Речовина	с. Рубіжне	сmt Старий Салтів	с. Мартове	сmt Печеніги	ГДК, мг/л
Марганець, мг/л	0,2	0,1	0,1	0,2	0,05
Мідь, мг/л	0,8	0,8	0,9	1,2	1
Хром, мг/л	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
Залізо (загальне), мг/л	0,6	0,7	0,8	0,8	0,2
Свинець, мг/л	0,007	0,007	0,007	0,008	0,01
Кадмій, мг/л	0,0007	0,0008	0,0008	0,0013	0,001

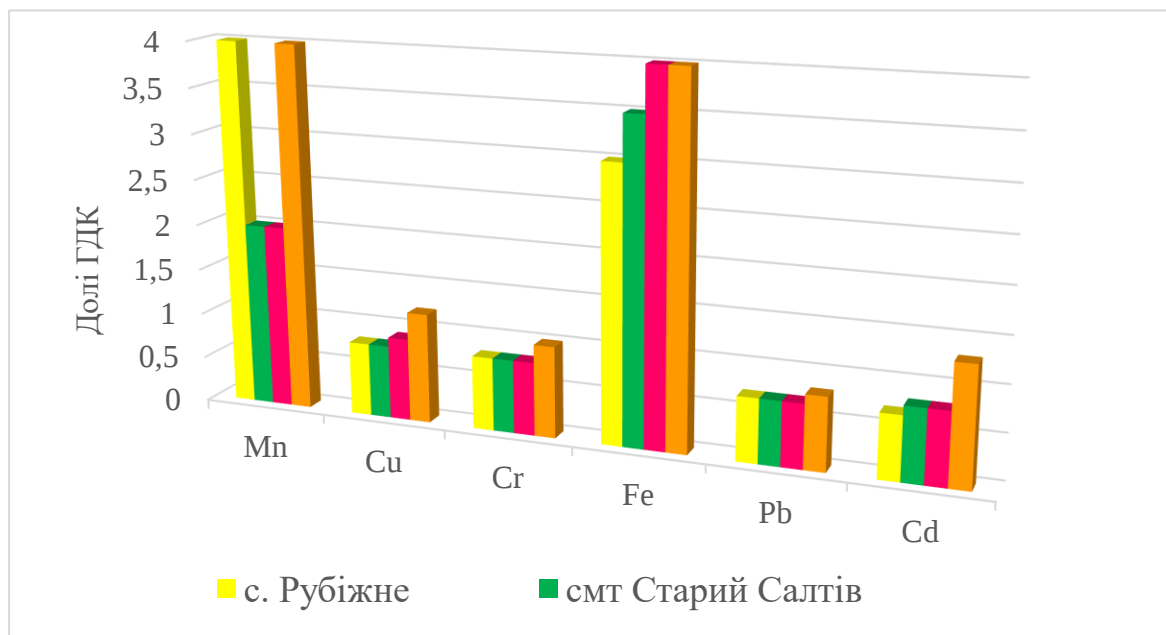


Рис. 3.4 – Результати визначення концентрацій важких металів у зразках поверхневих вод, які було відібрано з Печенізького водосховища навесні 2026 року

Результати визначення вмісту важких металів у поверхневих водах Печенізьке водосховище, відібраних навесні 2026 року, свідчать про наявність суттєвого техногенного навантаження та формування специфічних гідрохімічних умов у межах акваторії (рис. 3.4, табл. 3.3).

Встановлено, що концентрації марганцю у досліджених створах становлять 0,1–0,2 мг/л при гранично допустимій концентрації (ГДК) 0,05 мг/л, що відповідає перевищенню нормативу у 2–4 рази. Аналогічна ситуація спостерігається для загального заліза, вміст якого варіює в межах 0,6–0,8 мг/л при нормативному значенні 0,2 мг/л, тобто перевищення становить 3–4 рази. Підвищені концентрації цих елементів можуть бути зумовлені як природними геохімічними особливостями басейну (вимивання з ґрунтів, відновні процеси у донних відкладах), так і впливом антропогенних факторів.

Вміст міді у більшості досліджених проб знаходиться в межах допустимих значень (0,8–0,9 мг/л), проте у створі смт Печеніги зафіксовано перевищення ГДК (1,2 мг/л при нормативі 1,0 мг/л), що може свідчити про локальне джерело забруднення. Концентрації хрому становлять 0,04–0,05 мг/л і наближаються до гранично допустимого рівня, що вказує на потенційний ризик погіршення якості води за цим показником.

Щодо свинцю та кадмію, їх вміст у більшості створів не перевищує встановлені нормативи, однак знаходиться на рівні, близькому до граничного. Особливу увагу привертає кадмій у створі смт Печеніги (0,0013 мг/л), де спостерігається перевищення ГДК (0,001 мг/л). З огляду на високу токсичність і здатність до біоаккумуляції, навіть незначні перевищення концентрацій цього елемента можуть мати суттєві екологічні наслідки.

Просторовий аналіз розподілу металів свідчить про тенденцію до зростання їх концентрацій у напрямку до нижньої частини водосховища (смт Печеніги), що підтверджує роль водосховища як геохімічного бар'єра та зони акумуляції забруднювальних речовин. Це пов'язано зі зниженням швидкості течії, інтенсифікацією процесів седиментації та накопиченням речовин у водній товщі та донних відкладах.

Таким чином, за сукупністю досліджених показників екологічний стан води можна охарактеризувати як помірно забруднений із елементами напруженого гідрохімічного режиму. Систематичні перевищення ГДК для Fe та Mn, а також локальні перевищення для Cu і Cd свідчать про необхідність посиленого моніторингу та розробки заходів щодо обмеження надходження забруднювальних речовин у водосховище.

Таблиця 3.4.

Показники загального мікробного числа (ЗМЧ) у досліджених пробах води, які було відібрано навесні 2026 року

Створи	Загальне мікробне число (ЗМЧ), КУО/см ³	Загальне мікробне число (ЗМЧ), КУО/дм ³
с. Рубіжне	635,1 ± 2,54	6,4х 10 ⁵
сmt Старий Салтів	687,0 ± 2,24	6,9 х 10 ⁵
с. Мартове	783,5 ± 2,21	7,8 х 10 ⁵
сmt Печеніги	755,2 ± 1,32	7,6 х 10 ⁵

Отримані значення загального мікробного числа (ЗМЧ) у воді Печенізьке водосховище навесні 2026 року свідчать про формування напруженого мікробіологічного стану та наявність суттєвого органічного навантаження в акваторії (табл. 3.4).

Концентрації ЗМЧ варіюють у межах 635,1–783,5 КУО/см³, що у перерахунку становить 6,4×10⁵ – 7,8×10⁵ КУО/дм³. Такі значення є суттєво підвищеними і значно перевищують орієнтовні гігієнічні нормативи для поверхневих вод, що вказує на інтенсивний розвиток мікроорганізмів та високий рівень органічного забруднення.

Найнижчі значення зафіксовані у створі с. Рубіжне (635,1 ± 2,54 КУО/см³), тоді як максимальні – у с. Мартове (783,5 ± 2,21 КУО/см³). У сmt Старий Салтів і сmt Печеніги показники також залишаються високими (687,0 ± 2,24 та 755,2 ± 1,32 КУО/см³ відповідно), що свідчить про загальноакваторний характер забруднення, а не локальну проблему окремих ділянок.

Просторовий розподіл ЗМЧ демонструє тенденцію до зростання мікробного навантаження у напрямку центральної та нижньої частини

водосховища (Мартове – Печеніги), що може бути пов'язано з процесами акумуляції органічних речовин, уповільненням водообміну та інтенсифікацією біохімічних процесів. Водночас відносно нижчі значення у верхній частині (с. Рубіжне) можуть свідчити про більший вплив проточності та розбавлення.

Значення похибок ($\pm 1,32$ – $\pm 2,54$ КУО/см³) є незначними, що вказує на високу відтворюваність результатів і підтверджує достовірність встановлених закономірностей. Низька варіабельність вимірювань при високих абсолютних значеннях ЗМЧ додатково підкреслює стабільність сформованого мікробіологічного режиму.

З екологічної точки зору такі концентрації свідчать про:

- наявність значної кількості легкоокиснюваної органічної речовини;
- активізацію процесів мікробіологічної деструкції;
- потенційне зростання біохімічного споживання кисню (БСК);
- ризик локального дефіциту розчиненого кисню, особливо у придонних шарах.

Крім того, високий рівень ЗМЧ може бути індикатором надходження у водосховище неочищених або недостатньо очищених стічних вод, а також змиву органічних речовин із водозбірної території у період весняного водопілля. В умовах підвищених температур це може сприяти розвитку евтрофікаційних процесів і «цвітінню» води.

Таким чином, мікробіологічний стан води у весняний період 2026 року характеризується як незадовільний із ознаками інтенсивного органічного забруднення. Виявлені значення ЗМЧ свідчать про необхідність посилення контролю за джерелами забруднення, оптимізації систем очищення стічних вод та проведення регулярного моніторингу мікробіологічних показників з метою попередження подальшого погіршення екологічного стану водосховища.

За зафіксованих високих значень ЗМЧ і підвищених концентрацій окремих металів умови існування риб у Печенізьке водосховище можна оцінити як напружені з вираженим екологічним стресом. Такий стан не обов'язково

призводить до масової загибелі, але суттєво підвищує ризик захворювань і знижує стійкість організмів.

Високе мікробне число ($\approx 6,4\text{--}7,8 \times 10^5$ КУО/дм³) свідчить про інтенсивне органічне забруднення і створює сприятливе середовище для розвитку умовно-патогенної мікрофлори. У поєднанні з впливом важких металів це призводить до пригнічення імунної системи риб, ураження зябрового апарату та порушення обміну речовин. У таких умовах найчастіше формуються комплексні патологічні стани.

Насамперед можливі бактеріальні захворювання, зокрема аеромоноз, який проявляється виразками, геморагіями та ураженням внутрішніх органів, а також псевдомоноз, що супроводжується септичними процесами та загальним виснаженням. Такі інфекції активно розвиваються саме при високому мікробному навантаженні та наявності органічного забруднення.

Серед паразитарних хвороб найбільш імовірним є іхтіофтіріоз («манка»), що проявляється появою білих цист на тілі та зябрах і різко погіршує дихання. Також можливі дактилогіроз і гіродактильоз — ураження зябер і шкіри паразитичними червами, які особливо небезпечні при погіршенні якості води. У таких умовах паразити швидше розмножуються, а риби стають більш сприйнятливими до інвазій.

За наявності механічних пошкоджень або ослаблення організму часто розвиваються грибкові ураження, зокрема сапролегніоз, який проявляється у вигляді білуватого «ватного» нальоту. Це вторинна інфекція, що виникає на фоні стресу або попередніх уражень.

Окрему групу становлять токсикологічні та фізіологічні порушення, пов'язані з дією важких металів. Підвищені концентрації заліза і марганцю можуть викликати подразнення та закупорювання зябер, що ускладнює газообмін. Кадмій і свинець, навіть у невеликих концентраціях, здатні накопичуватися в тканинах, спричиняючи хронічні інтоксикації, порушення функцій печінки, нервової системи та репродуктивних процесів.

У результаті формується так званий синдром екологічного стресу, який проявляється у зниженні темпів росту, пригніченні поведінкових реакцій, підвищеній смертності молоді та ікри, а також збільшенні частоти захворювань. Найбільш чутливими є ранні стадії розвитку риби і види з високими вимогами до якості води.

Таким чином, у досліджуваних умовах риби здатні існувати, проте перебувають у стані підвищеного ризику розвитку бактеріальних, паразитарних і грибкових захворювань, а також хронічних токсикозів. Це вказує на необхідність системного екологічного контролю та обмеження надходження органічних і техногенних забруднювачів у водосховище.

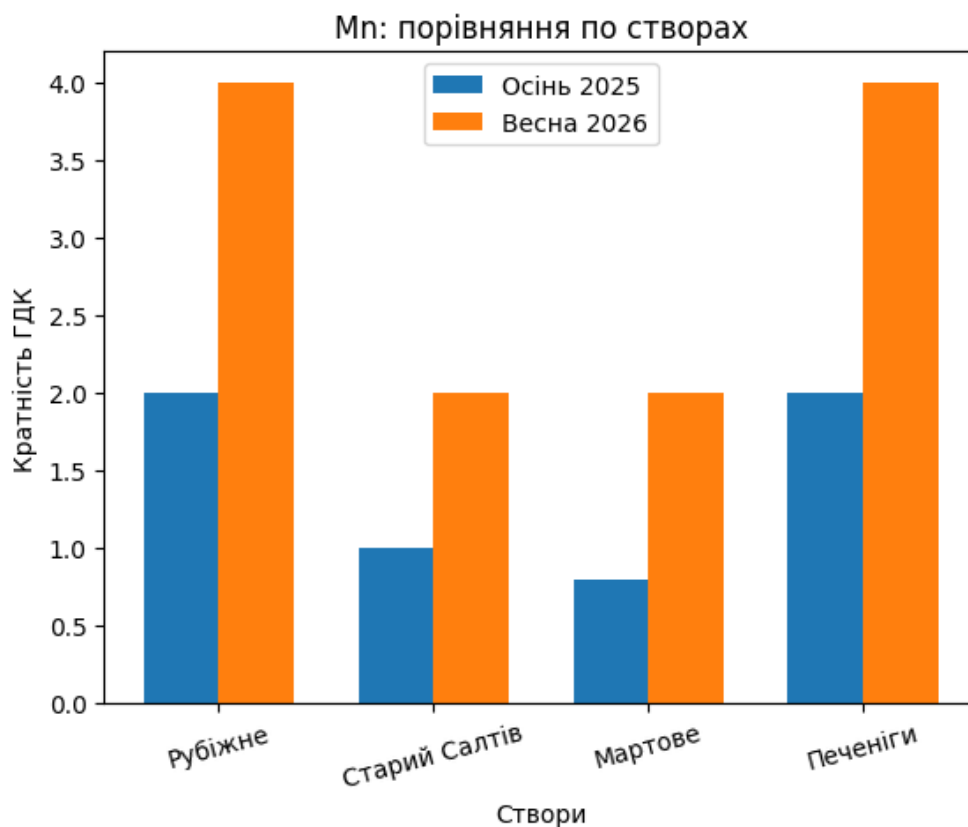


Рис. 3.5 – Результати порівняльного аналізу визначення вмісту мангану у зразках поверхневих вод, які було відібрано з Печенізького водосховища у різні сезони

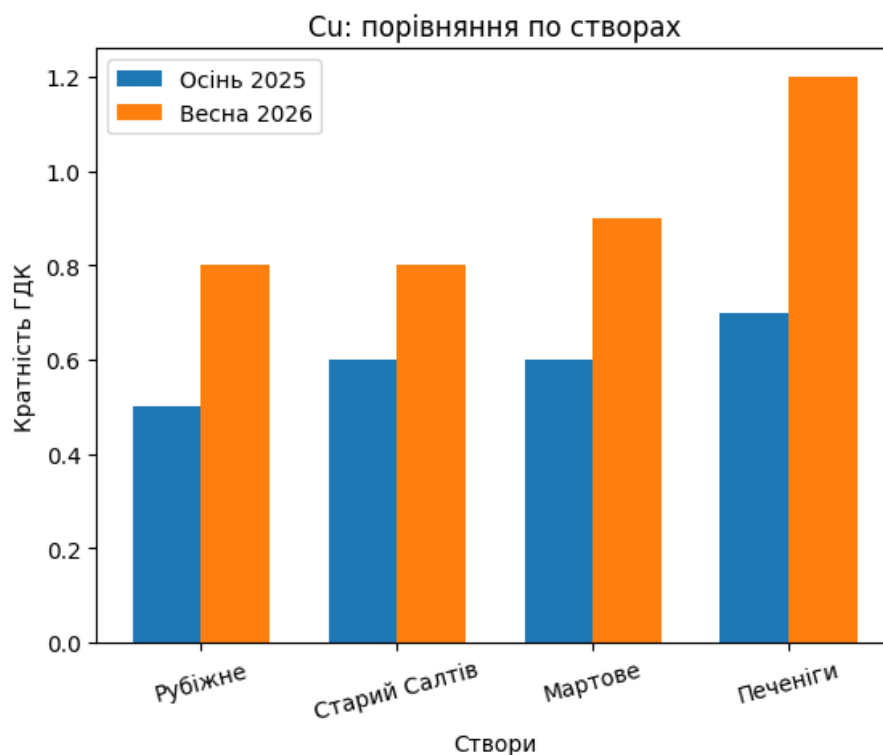


Рис. 3.6 – Результати порівняльного аналізу визначення вмісту міді у зразках поверхневих вод, які було відібрано з Печенізького водосховища у різні сезони

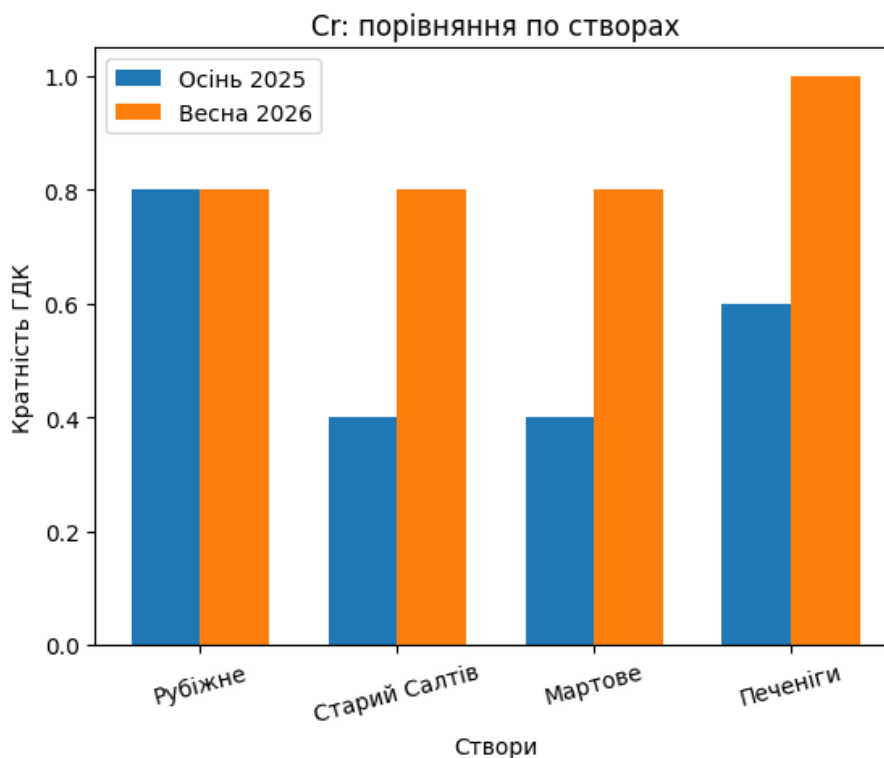


Рис. 3.7 – Результати порівняльного аналізу визначення вмісту хрому у зразках поверхневих вод, які було відібрано з Печенізького водосховища у різні сезони

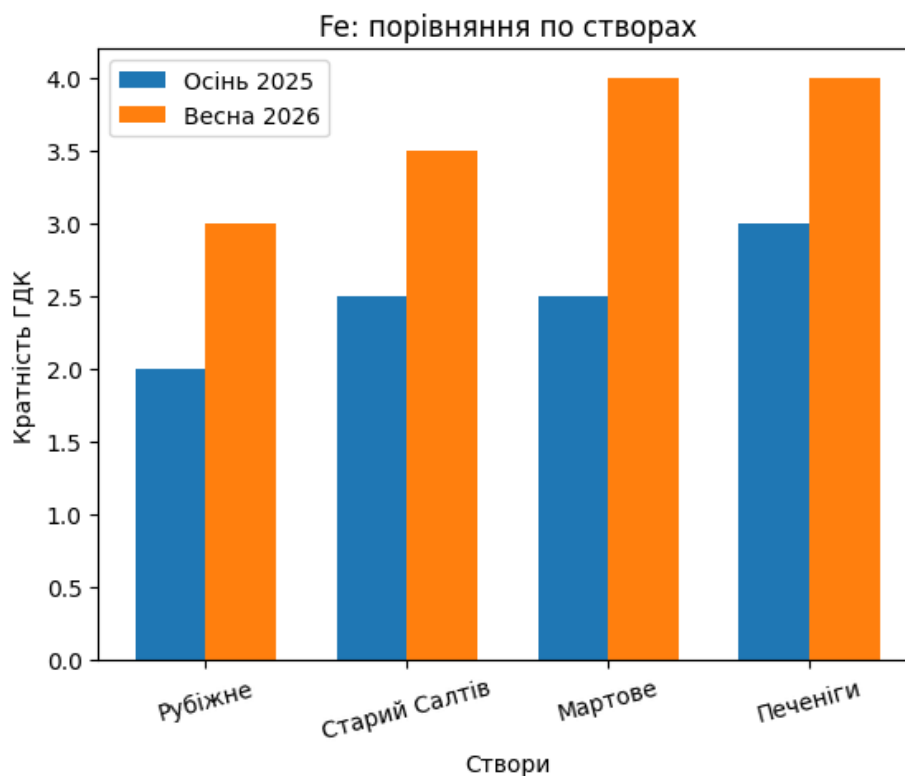


Рис. 3.8 – Результати порівняльного аналізу визначення вмісту заліза у зразках поверхневих вод, які було відібрано з Печенізького водосховища у різні сезони

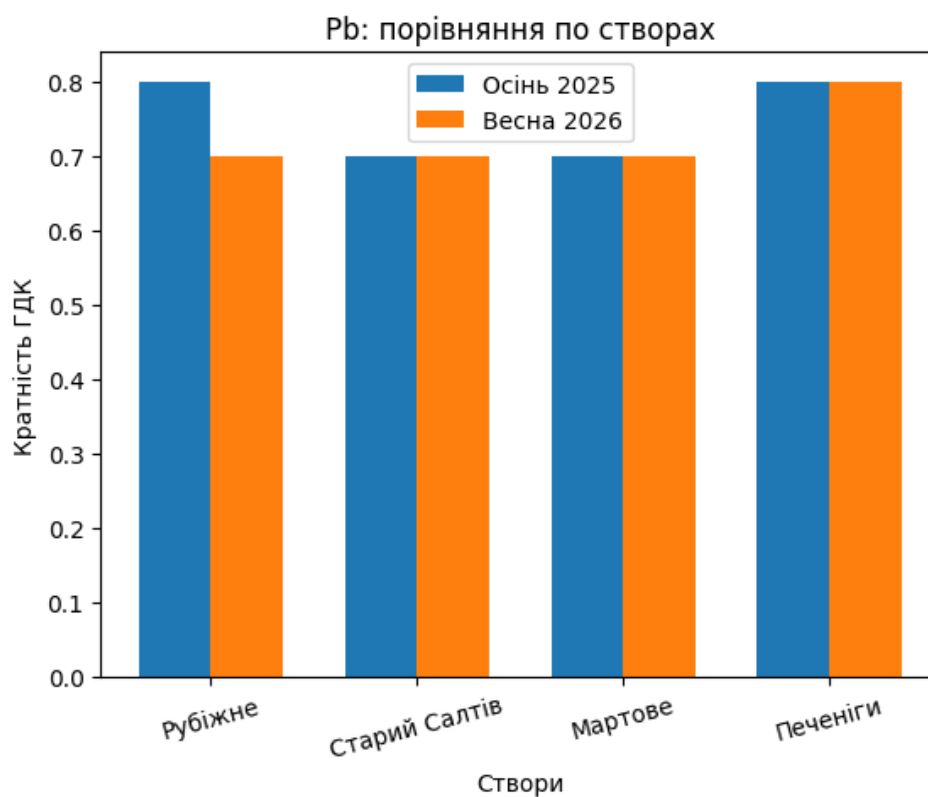


Рис. 3.9 – Результати порівняльного аналізу визначення вмісту свинцю у зразках поверхневих вод, які було відібрано з Печенізького водосховища у різні сезони

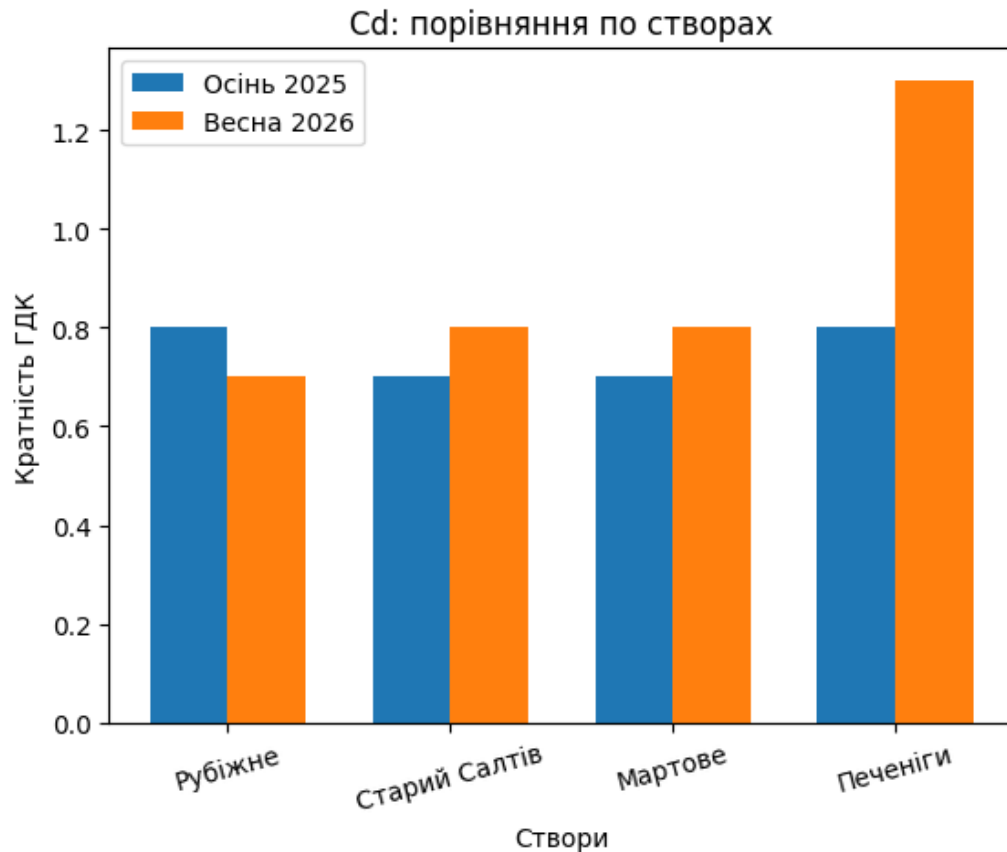


Рис. 3.10 – Результати порівняльного аналізу визначення вмісту кадмію у зразках поверхневих вод, які було відібрано з Печенізького водосховища у різні сезони

Порівняльний аналіз вмісту важких металів у поверхневих водах Печенізького водосховища за осінній період 2025 року та весняний період 2026 року дозволяє виявити чітко виражену сезонну динаміку та тенденції зміни гідрохімічного стану водного об'єкта (рис. 3.5-3.10).

Найбільш суттєві зміни спостерігаються для марганцю та заліза. Восени 2025 року концентрації марганцю становили 0,04–0,1 мг/л, причому перевищення ГДК (0,05 мг/л) фіксувалося лише у окремих створах. Навесні 2026 року відбулося значне зростання його вмісту до 0,1–0,2 мг/л, що відповідає перевищенню нормативу у 2–4 рази в усіх точках спостереження. Аналогічна тенденція характерна для загального заліза: його концентрації зросли з 0,4–0,6 мг/л восени до 0,6–0,8 мг/л навесні, що посилило ступінь перевищення ГДК (0,2 мг/л) з 2–3 до 3–4 разів. Таке підвищення може бути пов'язане з активізацією процесів поверхневого стоку у весняний період, надходженням продуктів розкладу органічної речовини, а також ремобілізацією металів із донних відкладів.

Концентрації міді також демонструють зростання: з 0,5–0,7 мг/л восени до 0,8–1,2 мг/л навесні. При цьому у створі смт Печеніги навесні зафіксовано перевищення ГДК (1,2 мг/л при нормативі 1,0 мг/л), що свідчить про локальне посилення антропогенного впливу або акумуляцію забруднювача в нижній частині водосховища.

Вміст хрому залишається відносно стабільним упродовж досліджуваного періоду (0,02–0,05 мг/л), проте навесні його концентрації вирівнюються між створами та досягають гранично допустимого рівня у смт Печеніги. Це може свідчити про зростання загального фону забруднення.

Щодо свинцю, суттєвих сезонних змін не спостерігається: його концентрації залишаються в межах 0,007–0,008 мг/л і не перевищують ГДК (0,01 мг/л), що вказує на відносну стабільність надходження цього елемента. Концентрації кадмію загалом залишаються низькими, однак навесні у створі смт Печеніги (0,0013 мг/л) відмічено перевищення ГДК, що є важливим з огляду на високу токсичність цього елемента та його здатність до біоаккумуляції.

У просторовому аспекті як восени, так і навесні простежується тенденція до підвищення концентрацій металів у напрямку до смт Печеніги, що підтверджує роль водосховища як зони акумуляції забруднювачів. Проте навесні ця тенденція стає більш вираженою, що свідчить про інтенсифікацію процесів надходження та перерозподілу речовин.

Таким чином, весняний період 2026 року характеризується погіршенням гідрохімічного стану води порівняно з осінню 2025 року, що проявляється у зростанні концентрацій більшості досліджених металів та збільшенні кількості випадків перевищення гранично допустимих значень. Це може бути зумовлено сезонними гідрологічними процесами (танення снігу, підвищений поверхневий стік) та активізацією біогеохімічних процесів у водосховищі. Отримані результати вказують на необхідність врахування сезонного фактору при оцінці якості води та посилення моніторингу у весняний період як найбільш критичний з точки зору формування забруднення.

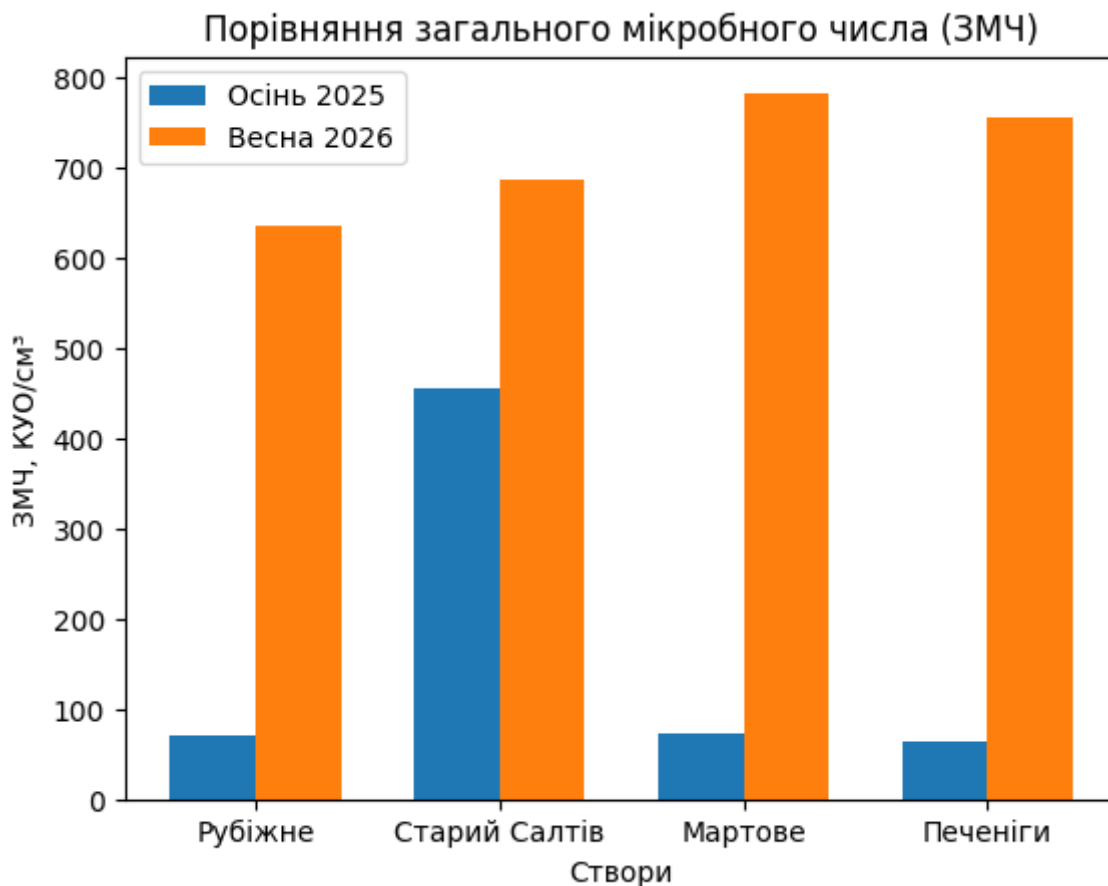


Рис. 3.11 – Порівняльна характеристика загального мікробного числа (ЗМЧ) у зразках води Печенізького водосховища, які було відібрано у різні сезони 2025-2026 років

Отримані результати визначення загального мікробного числа (ЗМЧ) у зразках води з різних створів Печенізького водосховища свідчать про суттєві сезонні зміни мікробіологічного стану та формування напруженого екологічного режиму у весняний період (рис. 3.11).

У осінній період 2025 року значення ЗМЧ у більшості створів (с. Рубіжне, с. Мартове, смт Печеніги) знаходяться в межах 64,1–73,5 КУО/см³, що характеризує воду як таку з помірним мікробним навантаженням. Водночас у створі смт Старий Салтів зафіксовано підвищене значення (455,0 КУО/см³), яке суттєво перевищує рівень інших ділянок. Така аномалія може бути пов'язана з локальним антропогенним впливом, зокрема надходженням побутових або господарсько-побутових стічних вод, а також рекреаційним навантаженням.

У весняний період 2026 року спостерігається різке зростання ЗМЧ у всіх досліджених створах до рівня 635,1–783,5 КУО/см³, що відповідає збільшенню показників у 8–11 разів порівняно з більшістю осінніх значень. Найвищі концентрації встановлено у створі с. Мартове (783,5 КУО/см³) та смт Печеніги (755,2 КУО/см³), що свідчить про інтенсивне накопичення мікроорганізмів у центральній та нижній частинах водосховища. Така просторова закономірність узгоджується з процесами зменшення швидкості течії, посилення седиментації та акумуляції органічної речовини.

Різке підвищення ЗМЧ у весняний період зумовлене комплексом гідрологічних і біогеохімічних факторів. Основну роль відіграє весняний поверхневий стік, який сприяє надходженню значної кількості органічних речовин, біогенних елементів та мікроорганізмів із водозбірної території. Крім того, підвищення температури води активізує мікробіологічні процеси, що призводить до інтенсивного розмноження бактерій. Важливим фактором також є ремобілізація органічних речовин і мікрофлори з донних відкладів.

З екологічної точки зору встановлені значення ЗМЧ у весняний період характеризують воду як таку з високим рівнем органічного забруднення. Це створює передумови для інтенсифікації процесів біохімічного споживання кисню, що може призводити до зниження концентрації розчиненого кисню, особливо у придонних шарах. У свою чергу, це негативно впливає на гідробіонтів, зокрема риб, і може сприяти розвитку патогенної мікрофлори.

Таким чином, результати дослідження свідчать про чітко виражену сезонну динаміку мікробіологічного стану води з переходом від відносно стабільного стану восени до напруженого та екологічно небезпечного навесні. Виявлені закономірності підкреслюють необхідність посиленого моніторингу якості води у весняний період та контролю джерел надходження органічного забруднення.

Встановлені сезонні зміни мікробіологічних показників води формують різні умови для розвитку захворювань риб упродовж року. У осінній період, за відносно помірних значень ЗМЧ, захворюваність риб має переважно фоновий

характер і пов'язана з природною присутністю умовно-патогенної мікрофлори та паразитів. У цей час частіше фіксуються поодинокі випадки паразитарних інвазій, зокрема дактилогірозу та гіродактильозу, які уражають зябра та шкіру, однак їх розвиток зазвичай обмежений достатньо стабільними умовами середовища та відносно високою резистентністю організму риб.

У весняний період ситуація істотно ускладнюється. Різке підвищення ЗМЧ створює сприятливі умови для масового розвитку мікроорганізмів, у тому числі патогенних і умовно-патогенних форм. На цьому фоні у риб зростає ризик виникнення бактеріальних захворювань, таких як аеромоноз і псевдомоноз, які проявляються у вигляді геморагічних уражень, виразок та септичних процесів. Одночасно активізуються паразитарні інвазії, зокрема іхтіофтіріоз, що супроводжується ураженням шкіри та зябер і може призводити до масової загибелі молоді при сприятливих умовах розвитку збудника.

Сезонне підвищення мікробного навантаження також сприяє розвитку вторинних інфекцій, зокрема грибкових уражень типу сапролегніозу, які виникають на фоні ослаблення організму або механічних пошкоджень. Важливу роль відіграє і комплексний вплив факторів середовища: підвищена температура, зниження вмісту розчиненого кисню та наявність органічного забруднення створюють стресові умови, що знижують імунітет риб і підвищують їхню сприйнятливість до захворювань.

Особливо вразливими до таких змін є ранні стадії розвитку риб — ікра та молодь, для яких навіть незначні відхилення якості води можуть мати критичні наслідки. У цей період можливе порушення ембріонального розвитку, підвищена смертність та зниження виживаності популяцій.

Таким чином, сезонна динаміка мікробіологічного стану води безпосередньо визначає характер і рівень захворюваності риб: від відносно стабільного стану восени до підвищеного ризику розвитку інфекційних і паразитарних хвороб навесні. Це підкреслює необхідність врахування сезонного фактору при оцінці екологічного стану водойми та прогнозуванні стану іхтіофауни.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

Дослідження водних об'єктів належать до видів робіт, що можуть супроводжуватися впливом небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Під час проведення польових та лабораторних досліджень працівники можуть зазнавати дії несприятливих метеорологічних умов, хімічних речовин, біологічних агентів, електричного струму, а також ризику травмування під час відбору проб води. У зв'язку з цим особливого значення набуває дотримання вимог охорони праці, техніки безпеки та виробничої санітарії.

Під час проведення досліджень поверхневих вод основними небезпечними факторами є слизькі берегові ділянки, ризик падіння у воду, можливість ураження електричним струмом при використанні переносного обладнання, вплив ультрафіолетового випромінювання, високих або низьких температур, а також контакт із потенційно небезпечними мікроорганізмами та хімічними речовинами. При відборі проб у зимовий період додаткову небезпеку становлять ожеледиця, переохолодження організму та робота поблизу льодового покриття.

До виконання робіт допускаються особи, які пройшли інструктаж з охорони праці, ознайомлені з правилами безпечного поводження з лабораторним обладнанням і мають відповідну підготовку щодо дій у надзвичайних ситуаціях. Перед початком польових робіт проводиться цільовий інструктаж із техніки безпеки, під час якого працівників ознайомлюють із маршрутом досліджень, особливостями місцевості, можливими небезпеками та засобами індивідуального захисту.

Під час відбору проб води працівники повинні використовувати спеціальний одяг та засоби індивідуального захисту: гумові чоботи, захисні рукавички, водонепроникний одяг, рятувальні жилети при роботі з човна, а також головні убори та сонцезахисні засоби під час роботи у спекотний період року. У разі контакту з потенційно забрудненими водами рекомендується застосування одноразових рукавичок та антисептичних засобів для обробки рук.

Особливу увагу необхідно приділяти безпечній організації робіт поблизу водойм. Забороняється проводити відбір проб на нестійких або обривистих берегах без страхувальних засобів. Роботи на воді повинні виконуватися щонайменше двома працівниками. Під час використання плавзасобів необхідно перевіряти їх технічний стан, наявність рятувальних засобів та дотримуватись правил поведінки на воді.

Під час транспортування проб води необхідно використовувати герметичні контейнери та дотримуватися правил маркування зразків. Скляний посуд повинен транспортуватися у спеціальних контейнерах або упаковках, що запобігають механічним пошкодженням. Забороняється перевезення реагентів та біологічних зразків разом із харчовими продуктами або особистими речами працівників.

Важливе значення мають вимоги безпеки під час проведення лабораторних досліджень. Робота з реактивами та досліджуваними пробами повинна здійснюватися у приміщеннях, обладнаних вентиляцією та достатнім освітленням. У лабораторії необхідно підтримувати належний санітарний стан, регулярно проводити вологе прибирання та дезінфекцію робочих поверхонь.

Під час визначення вмісту важких металів та мікробіологічних показників працівники можуть контактувати з токсичними хімічними речовинами, концентрованими кислотами, лугами та поживними середовищами для культивування мікроорганізмів. У зв'язку з цим роботи повинні виконуватися у захисних окулярах, лабораторних халатах і рукавичках. При роботі з леткими або токсичними реагентами необхідно використовувати витяжні шафи.

Робота з мікроорганізмами потребує дотримання правил біологічної безпеки. Забороняється вживання їжі, напоїв та зберігання особистих речей у лабораторних приміщеннях. Після завершення роботи проводять знезараження використаного посуду, інструментів та поживних середовищ. Відпрацьовані матеріали утилізують відповідно до вимог поводження з біологічними відходами.

Окрему небезпеку становить використання електричного обладнання: термостатів, фотометрів, сушильних шаф та лабораторних мішалок. Усе обладнання повинно бути технічно справним, заземленим та проходити періодичну перевірку. Забороняється працювати з електроприладами мокрими руками або у разі пошкодження ізоляції проводів.

Важливим елементом охорони праці є забезпечення оптимальних умов праці у лабораторії. Температура повітря повинна відповідати санітарним нормам, а рівень освітлення — забезпечувати комфортну та безпечну роботу з приладами та документацією. Для попередження перевтоми працівників рекомендується дотримання режиму праці та відпочинку, особливо при тривалій роботі за комп'ютером або з оптичними приладами.

У разі виникнення аварійних ситуацій працівники повинні негайно повідомити керівника робіт та діяти відповідно до інструкцій з охорони праці. При потраплянні хімічних речовин на шкіру або слизові оболонки необхідно негайно промити уражене місце великою кількістю води та звернутися за медичною допомогою. У лабораторії обов'язково повинні бути аптечка першої допомоги, вогнегасники та засоби нейтралізації небезпечних речовин.

Таким чином, дотримання вимог охорони праці під час дослідження водних об'єктів є необхідною умовою безпечного виконання польових та лабораторних робіт. Комплексне виконання правил техніки безпеки, виробничої санітарії та біологічного захисту дозволяє мінімізувати ризики для здоров'я працівників, забезпечити безпечні умови праці та підвищити ефективність проведення екологічних досліджень.

ВИСНОВКИ

1. Печенізьке водосховище є одним із найбільших штучних водних об'єктів на сході України, розташованим у межах Харківської області на річці Сіверський Донець. Воно відіграє важливу роль у водогосподарському комплексі регіону, забезпечуючи водопостачання, регулювання стоку, рекреаційні функції та підтримання екологічного балансу.

Водосховище створене у 1960-х роках шляхом спорудження гідротехнічного вузла з метою акумулювання водних ресурсів та забезпечення стабільного водопостачання промислових підприємств і населення, зокрема міста Харкова. Розташування водосховища у середній течії річки Сіверський Донець визначає його гідрологічні та гідрохімічні особливості, які формуються під впливом як природних умов, так і антропогенного навантаження.

2. Площа водного дзеркала Печенізького водосховища становить близько 86 км², а повний об'єм води — понад 380 млн м³. Середня глибина коливається в межах 4–5 м, тоді як максимальна глибина сягає приблизно 20 м у районі греблі. Довжина водосховища становить близько 65 км, що надає йому витягнутої форми, характерної для руслових водосховищ.

3. Відбір зразків поверхневих вод з річки Печенізького водосховища було здійснено восени 2025 та навесні 2026 років. Локація відбору зразків: с. Рубіжне; смт Старий Салтів; с. Мартове; смт Печеніги.

4. Визначення вмісту важких металів та загального мікробного числа у зразках поверхневих вод, які було відібрано з Печенізького водосховища проводилось у лабораторії еколого-токсикологічних досліджень ННІ екології, зеленої енергетики та сталого розвитку.

5. Визначення загального мікробного числа (ЗМЧ) є одним із основних методів мікробіологічного аналізу, який застосовується для оцінки санітарного стану об'єктів довкілля, зокрема води, ґрунту, харчових продуктів та інших середовищ. Даний показник відображає загальну кількість життєздатних

мікроорганізмів, здатних утворювати колонії на щільних поживних середовищах за визначених умов культивування.

6. Вміст важких металів у зразках води визначали колориметричного аналізу, який ґрунтується на вимірюванні інтенсивності світлопоглинання забарвлених розчинів.

7. Аналіз результатів визначення вмісту важких металів у зразках поверхневих вод, які було відібрано восени 2025 з 4 створів Печенізького водосховища загалом свідчать про те, що екологічний стан водного об'єкта за вмістом важких металів оцінюється як задовільний з окремими ознаками погіршення, зумовленими перевищенням ГДК для заліза та марганцю. Інші метали перебувають у межах допустимих значень, проте їх наявність вимагає регулярного моніторингу. Основну екологічну загрозу становить не стільки миттєвий рівень концентрацій, скільки можливість їх накопичення у донних відкладах і подальшої ремобілізації у водне середовище

У просторовому аспекті спостерігається певна тенденція до зростання концентрацій більшості металів у напрямку до смт Печеніги, що може свідчити про акумуляцію забруднювачів у водосховищі. Найбільш сприятливий стан за більшістю показників відзначається у с. Мартове, де концентрації марганцю та інших елементів є найнижчими.

8. Аналіз даних з визначення загального мікробного числа у зразках поверхневих вод, які було відібрано восени 2025 свідчить про відносно однорідний діапазон та помірний рівень мікробного забруднення води.

У просторовому аспекті спостерігається тенденція до деякого зростання мікробного навантаження у зоні смт Старий Салтів з подальшим зниженням у напрямку до смт Печеніги. Це може свідчити про процеси самоочищення води в межах водосховища, зокрема розбавлення, седиментацію та біологічну трансформацію органічних речовин.

9. Аналіз результатів визначення вмісту важких металів у зразках поверхневих вод, які було відібрано навесні 2026 з 4 створів Печенізького водосховища показав, що за сукупністю досліджених показників екологічний

стан води можна охарактеризувати як помірно забруднений із елементами напруженого гідрохімічного режиму. Систематичні перевищення ГДК для Fe та Mn, а також локальні перевищення для Cu і Cd свідчать про необхідність посиленого моніторингу та розробки заходів щодо обмеження надходження забруднювальних речовин у водосховище.

Просторовий аналіз розподілу металів свідчить про тенденцію до зростання їх концентрацій у напрямку до нижньої частини водосховища (сmt Печеніги), що підтверджує роль водосховища як геохімічного бар'єра та зони акумуляції забруднювальних речовин. Це пов'язано зі зниженням швидкості течії, інтенсифікацією процесів седиментації та накопиченням речовин у водній товщі та донних відкладах.

10. Мікробіологічний стан води у весняний період 2026 року характеризується як незадовільний із ознаками інтенсивного органічного забруднення. Виявлені значення ЗМЧ свідчать про необхідність посилення контролю за джерелами забруднення, оптимізації систем очищення стічних вод та проведення регулярного моніторингу мікробіологічних показників з метою попередження подальшого погіршення екологічного стану водосховища.

11. Весняний період 2026 року характеризується погіршенням гідрохімічного стану води порівняно з осінню 2025 року, що проявляється у зростанні концентрацій більшості досліджених металів та збільшенні кількості випадків перевищення гранично допустимих значень. Це може бути зумовлено сезонними гідрологічними процесами (танення снігу, підвищений поверхневий стік) та активізацією біогеохімічних процесів у водосховищі. Отримані результати вказують на необхідність врахування сезонного фактору при оцінці якості води та посилення моніторингу у весняний період як найбільш критичний з точки зору формування забруднення.

12. Отримані результати визначення загального мікробного числа (ЗМЧ) у зразках води з різних створів Печенізького водосховища свідчать про суттєві сезонні зміни мікробіологічного стану та формування напруженого екологічного режиму у весняний період.

Встановлені сезонні зміни мікробіологічних показників води формують різні умови для розвитку захворювань риб упродовж року. У осінній період, за відносно помірних значень ЗМЧ, захворюваність риб має переважно фоновий характер і пов'язана з природною присутністю умовно-патогенної мікрофлори та паразитів. У цей час частіше фіксуються поодинокі випадки паразитарних інвазій, зокрема дактилогірозу та гіродактильозу, які уражають зябра та шкіру, однак їх розвиток зазвичай обмежений достатньо стабільними умовами середовища та відносно високою резистентністю організму риб.

13. Сезонне підвищення мікробного навантаження сприяє розвитку вторинних інфекцій, зокрема грибкових уражень типу сапролегніозу, які виникають на фоні ослаблення організму або механічних пошкоджень. Важливу роль відіграє і комплексний вплив факторів середовища: підвищена температура, зниження вмісту розчиненого кисню та наявність органічного забруднення створюють стресові умови, що знижують імунітет риб і підвищують їхню сприйнятливість до захворювань.

14. Сезонна динаміка мікробіологічного стану води безпосередньо визначає характер і рівень захворюваності риб: від відносно стабільного стану восени до підвищеного ризику розвитку інфекційних і паразитарних хвороб навесні. Це підкреслює необхідність врахування сезонного фактору при оцінці екологічного стану водойми та прогнозуванні стану іхтіофауни.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Jackson, R.B., Carpenter, S.R., Dahm, C.N., McKnight, D.M., Naiman, R.J., Postel, S.L., Running, S.W. (2001). Water in a Changing World. *Ecol. Appl.* 11, P. 1027–1045.
2. Wada, Y., Graaf, I., Beek, L. (2016). High-Resolution Modeling of Human and Climate Impacts on Global Water Resources. *J. Adv. Model. Earth Syst.* 6, P.513–526.
3. Rodrigues, S., Pinto, I., Martins, F., Formigo, N., Antunes, S.C. (2021). Can Biochemical Endpoints Improve the Sensitivity of the Biomonitoring Strategy Using Bioassays with Standard Species, for Water Quality Evaluation? *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 215, P. 112151.
4. World Water Assessment Programme. (2009). *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*; UNESCO: Paris, France; Earthscan: London, UK, ISBN 978-1-84407-840-0.
5. Diogo, B.S., Rodrigues, S., Silva, N., Pinto, I., Antunes, S.C. (2022). Evidence for Links between Feeding Behavior of *Daphnia Magna* and Water Framework Directive Elements: Case Study of Crestuma-Lever Reservoir. *Water* 14, P. 3989.
6. Helios-Rybicka, E., Holda, A., Jarosz, E. (2005). Monitoring and Quality Assessment of Selected Physical and Chemical Parameters of the Sola River System, South Poland. *Inżynieria Sr. Akad. Górniczo-Hut. Im. S. Staszica W Krakowie* 10, P. 45–58.
7. INAG. *Cr terios Para a Classifica  o Do Estado Das Massas de  gua Superficiais—Rios e Albufeiras*; INAG: Lisboa, Portugal, 2009.
8. Sim es, N.R., Nunes, A.H., Dias, J.D., Lansac-T ha, F.A., Velho, L.F.M., Bonecker, C.C. (2015). Impact of Reservoirs on Zooplankton Diversity and Implications for the Conservation of Natural Aquatic Environments. *Hydrobiologia* , 758, P. 3–17.

9. Smith, V.H., Tilman, G.D., Nekola, J.C. (1999). Eutrophication: Impacts of Excess Nutrient Inputs on Freshwater, Marine, and Terrestrial Ecosystems. *Environ. Pollut.* 100, P. 179–196.
10. Bhagowati, B., Ahamad, K. (2019). A Review on Lake Eutrophication Dynamics and Recent Developments in Lake Modeling. *Ecohydrol. Hydrobiol.* 19, P. 155–166.
11. Bengtsson, L., Herschy, R.W., Fairbridge, R.W. (2012). *Encyclopedia of Lakes and Reservoirs*; Springer: Dordrecht, The Netherlands,
12. Pinto, I., Rodrigues, S., Lage, O.M., Antunes, S.C. (2021). Assessment of Water Quality in Aguieira Reservoir: Ecotoxicological Tools in Addition to the Water Framework Directive. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 208, P. 111583.
13. European Parliament. European Union Directiva 2000/60/CE. *J. Das Comunidades Eur.* 2000, P. 1–72.
14. García-Chicote, J., Armengol, X., Rojo, C. (2018). Zooplankton Abundance: A Neglected Key Element in the Evaluation of Reservoir Water Quality. *Limnologica* 69, P. 46–54.
15. Moss, B. (2010). *Ecology of Freshwaters: A View for the Twenty-First Century*, 4th ed.; Blackwell Publishing Ltd.: Hoboken, NJ, USA, ISBN 9783662068199.
16. Søndergaard, M.; Jeppesen, E.; Jensen, J.P.; Amsinck, S.L. (2005). Water Framework Directive: Ecological Classification of Danish Lakes. *J. Appl. Ecol.* 42, P. 616–629.
17. Jeppesen, E., Nõges, P., Davidson, T.A., Haberman, J., Nõges, T., Blank, K., Lauridsen, T.L., Søndergaard, M., Sayer, C., Laugaste, R. (2011). Zooplankton as Indicators in Lakes: A Scientific-Based Plea for Including Zooplankton in the Ecological Quality Assessment of Lakes According to the European Water Framework Directive (WFD). *Hydrobiologia* 676, P. 279–297.
18. Pinto, I.; Rodrigues, S.; Antunes, S.C. (2021). Assessment of the Benthic Macroinvertebrate Communities in the Evaluation of the Water Quality of Portuguese Reservoirs: An Experimental Approach. *Water* 13, 3391.

19. Brito S.L., Maia-Barbosa P.M., Pinto-Coelho R.M. (2011). Zooplankton as an indicator of trophic conditions in two large reservoirs in Brazil. *Lakes Reserv.*, 16, pp. P. 253-264, <https://doi.org/10.1111/J.1440-1770.2011.00484.X>
20. Pinto I., Nogueira S., Rodrigues S., Formigo N., Antunes S.C. (2023). Can Zooplankton add value to monitoring water quality? A case study of a meso/eutrophic Portuguese reservoir. *Water (Basel)*, 15, p. 1678, <https://doi.org/10.3390/W15091678>
21. World Water Assessment Programme The United Nations World Water Development Report3: Water in a Changing World. UNESCO, Paris (2009)
22. Diogo B.S., Antunes S.C., Pinto I., Amorim J., Teixeira C., Teles L.O., Golovko O., Žlábek V., Carvalho A.P., Rodrigues S. (2023). Insights into environmental caffeine contamination in ecotoxicological biomarkers and potential health effects of *Danio rerio*. *Heliyon*, 9 , p. e19875, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19875>
23. García-Chicote J., Armengol X., Rojo C. (2018). Zooplankton abundance: a neglected key element in the evaluation of reservoir water quality. *Limnologica*, 69, pp. 46-54, <https://doi.org/10.1016/j.limno.2017.11.004>
24. Stamou G., Katsiapi M., Moustaka-Gouni M., Michaloudi E. (2021). The neglected zooplankton communities as indicators of ecological water quality of Mediterranean lakes. *Limnetica*, 40 , pp. 359-373, <https://doi.org/10.23818/limn.40.24>
25. Muñoz-Colmenares M.E., Soria J.M., Vicente E. (2021) Can zooplankton species be used as indicators of trophic status and ecological potential of reservoirs? *Aquat. Ecol.*, 55, pp. 1143-1156. [10.1007/s10452-021-09897-8](https://doi.org/10.1007/s10452-021-09897-8)
26. Matyar F., Kaya A., Dinçer S. (2007). Поширення та антибактеріальна резистентність *Aeromonas* spp. із прісних і солонуватих вод південної Туреччини. *Ann. Microbiol.* 57(3):443–447. [10.1007/BF03175087](https://doi.org/10.1007/BF03175087).
27. Martinez-Murcia A.J., Saavedra M.J., Mota V.R., Maier T., Stackebrandt E., Cousin S. (2008). *Aeromonas aquariorum* sp. nov., isolated from aquaria of ornamental fish. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 58(5):1169–1175. [10.1099/ijs.0.65352-0](https://doi.org/10.1099/ijs.0.65352-0).

28. Dias C., Mota V., Martinez-Murcia A., Saavedra M.J. (2012). Antimicrobial resistance patterns of *Aeromonas* spp. isolated from ornamental fish. *J. Aquacult. Res. Dev.* 3(3) doi: 10.4172/2155-9546.1000131.
29. Kaper J.B., Lockman H., Colwell R.R., Joseph S.W. (1981). *Aeromonas hydrophila*: ecology and toxigenicity of isolates from an estuary. *J. Appl. Bacteriol.* 50(2):359–377. doi: 10.1111/j.1365-2672.1981.tb00900.x
30. Sanyal K.B., Mukherjee D., Guchhait A., Dash G. (2018). Phenotypic and molecular identification of bacterial species in Indian major carps and exotic carps from south 24 Parganas, West Bengal, India. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* 7(1):534–547. doi: 10.20546/ijcmas.2018.701.06.
31. Evangelista-Barreto N.S., Carvalho F.C.T.D., Vieira R.H.S., Dos Reis C.M.F., Macrae A., Rodrigues D.D.P. (2010). Characterization of *Aeromonas* species isolated from an estuarine environment. *Braz. J. Microbiol.* 41:452–460. doi: 10.1590/S1517-83822010000200027.
32. Leung K.Y., Yeap I.V., Lam T.J., Sin Y.M. (1995). Serum resistance as a good indicator for virulence in *Aeromonas hydrophila* strains isolated from diseased fish in South-East Asia. *J. Fish. Dis.* 18(6):511–518. doi: 10.1111/j.1365-2761.1995.tb00355.x.
33. Питна вода Всесвітньої організації охорони здоров'я (BOO3). Доступно онлайн: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
34. Alhamlan F.S., Al-Qahtani A.A., Al-Ahdal M.N. (2015). Recommended advanced techniques for waterborne pathogen detection in developing countries. *J. Infect. Dev. Ctries.* 9:128–135. doi: 10.3855/jidc.6101.
35. Vadstein O., Attramadal K.J.K., Bakke I., Olsen Y. (2018). K-selection as microbial community management strategy: A method for improved viability of larvae in aquaculture. *Front. Microbiol.*, 9, [10.3389/fmicb.2018.02730](https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02730)
36. Drønen K., Roalkvam I., Nilsen H., Olsen A.B., Dahle H., Wergeland H. (2022). Presence and habitats of bacterial fish pathogen relatives in a marine salmon post-smolt RAS. *Aquac. Rep.*, 26, Article 101312

37. Zhang X.-H., He X., Austin B. (2020). *Vibrio harveyi*: a serious pathogen of fish and invertebrates in mariculture. *Mar. Life Sci. Technol.*, 2, pp. P. 231-245, [10.1007/s42995-020-00037-z](https://doi.org/10.1007/s42995-020-00037-z)
38. Ramírez C., Romero J. (2017). The microbiome of *Seriola lalandi* of wild and aquaculture origin reveals differences in composition and potential function. *Front. Microbiol.*, 8. [10.3389/fmicb.2017.01844](https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01844)
39. ДСТУ EN ISO 6222:2015. Якість води. Підрахунок культивованих мікроорганізмів. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016.
40. Borysenko, K., Hutchinson, S. M., & Sinchuk, D. (2024). Manifestations and consequences of water conflicts: case study of the Pechenihy reservoir, Kharkiv region, Ukraine. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series Geology. Geography. Ecology*, (60), p. 173-187. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-12>