

<https://doi.org/10.26565/1992-4259-2026-34-07>

УДК 556. 532 (477-924-52)

І. А. КРИВИЦЬКА, канд. біол. наук, доц.,

доцент кафедри зоології та екології тварин

e-mail: krivicka@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4727-794X>

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна

Д. А. ШАБАНОВ, д-р біол. наук, проф.,

завідувач кафедри зоології та екології тварин

e-mail: shabanov@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3247-6882>

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна

К. В. ДАВИДЕНКО, канд. біол. наук

постдокторський дослідник, кафедра мікології та патології лісу

e-mail: kateryna.davydenko@slu.se ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6077-8533>

Шведський університет сільськогосподарських наук, Уппсала,

P.O. Box 7026, SE-750 07 Uppsala, Sweden

О. С. ТРУЩЕНКО

Головний Державний інспектор відділу охорони водних біоресурсів

«Рибоохоронний патруль»

e-mail: oleksandr.trushchenko@student.karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-3147-4331>

Управління Державного агентства з розвитку меліорації, рибного господарства

та продовольчих програм у Харківській області

вул. Космічна, буд. 21, кімн. 916, м. Харків, 61145, Україна

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ ТА СТАНУ ІХТІОФАУНИ ПЕЧЕНІЗЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

Мета. Проведення оцінки якості поверхневих вод Печенізького водосховища за гідрохімічними та мікробіологічними показниками, а також визначення можливого впливу стану водного середовища на іхтіофауну водойми.

Методи. Польові, аналітичні на визначення показників мікробіологічного та хімічного забруднення поверхневих вод.

Результати. Відбір проб поверхневих вод здійснювали восени 2025 року та навесні 2026 року у чотирьох контрольних створах Печенізького водосховища. У відібраних зразках визначали вміст важких металів (Mn, Fe, Cu, Cr, Pb, Cd) та показники загального мікробного числа (ЗМЧ) із застосуванням сертифікованих лабораторних методів відповідно до чинних нормативно-методичних документів. Отримані результати порівнювали з гранично допустимими концентраціями для оцінки екологічного стану водойми. Встановлено сезонні зміни гідрохімічного та мікробіологічного стану Печенізького водосховища. Навесні 2026 року порівняно з осінню 2025 року зафіксовано зростання концентрацій більшості досліджених важких металів та збільшення показників загального мікробного числа. Найбільші перевищення гранично допустимих концентрацій виявлено для марганцю та загального заліза. Локальні перевищення нормативів також встановлено для міді та кадмію у районі смт Печеніги. Просторовий розподіл забруднювальних речовин свідчить про їх накопичення у нижній частині водосховища. Значення загального мікробного числа навесні суттєво зросли, що вказує на підвищення органічного навантаження та активізацію мікробіологічних процесів у водоймі. Встановлено, що погіршення якості води може створювати несприятливі умови для існування риб, сприяти розвитку бактеріальних, паразитарних і грибкових захворювань та негативно впливати на фізіологічний стан іхтіофауни.

Висновки. Екологічний стан Печенізького водосховища характеризується помірним рівнем забруднення з ознаками посилення антропогенного навантаження у весняний період. Найбільшу екологічну небезпеку становлять підвищені концентрації марганцю та заліза, а також зростання показників загального

мікробного числа. Отримані результати свідчать про необхідність систематичного моніторингу якості води та впровадження природоохоронних заходів для зниження надходження забруднювальних речовин у водосховище.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: водний об'єкт, поверхневі води, забруднення, властивості води, гідрохімічні показники, мікробіологічні показники, біологічний моніторинг, екологічна оцінка

Як цитувати: Кривицька І. А., Шабанов Д. А., Давиденко К. В., Трущенко О. С. Екологічна оцінка якості води та стану іхтіофауни Печенізького водосховища. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. 2026. Вип. 34. С. 95-109. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2026-34-07>

In cites: Kryvytska, I. A., Shabanov, D. A., Davydenko, K. V., & Trushchenko, O. S. (2026). Ecological assessment of water quality and ichthyofauna condition of the Pechenihy reservoir. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series Ecology*, (34), 95-109. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2026-34-07> (in Ukrainian)

Вступ

Питання якості води є одним із ключових екологічних викликів сучасності, оскільки водні ресурси мають надзвичайно важливе значення для функціонування природних екосистем, життєдіяльності живих організмів та забезпечення потреб населення [1]. Упродовж тривалого часу вода розглядалася як практично невичерпний природний ресурс, однак інтенсивне використання водних об'єктів у промисловості, сільському господарстві та комунальному секторі призвело до суттєвого погіршення їх екологічного стану. Основними джерелами забруднення поверхневих вод є промислові та побутові стічні води, сільськогосподарський стік, надходження органічних відходів, а також недостатньо очищені каналізаційні води [2, 3].

Серед найбільш поширених забруднювачів водного середовища особливе місце займають сполуки азоту та фосфору, надлишкове надходження яких спричиняє розвиток процесів евтрофікації. Значний негативний вплив на якість води також мають пестициди, антибіотики, нафтопродукти та інші токсичні речовини антропогенного походження, що дедалі частіше виявляються у прісноводних екосистемах [3–5]. У результаті порушується природна структура біотичних угруповань, змінюються гідрохімічні показники та знижується екологічна стійкість водойм [6].

Водосховища за своїми характеристиками мають багато спільного з природними озерами, зокрема відзначаються значною акумуляцією водної маси, невеликою швидкістю течії та специфічними гідрологічними умовами [7]. Проте, на відміну від природних озер, водосховища є штучно створеними водними об'єктами, екологічний стан яких значною мірою залежить від антропогенного навантаження. Для таких водойм характерне інтенсивніше накопичення біогенних елементів, що надходять із прилеглих територій разом із поверхневим стоком [8]. Це сприяє розвитку процесів евтрофікації, надмірному росту фітопланктону та порушенню екологічної рівноваги водних екосистем [9–12].

Європейський Союз у 2000 році затвердив Рамкову директиву з водних ресурсів 2000/60/ЄС, спрямовану на стандартизацію систем моніторингу та забезпечення сталого управління водними об'єктами [13]. Одними з основних завдань цієї Директиви є запобігання погіршенню стану водних екосистем, їх захист та покращення екологічного стану [14]. У межах реалізації директиви було впроваджено підходи до оцінки екологічного потенціалу сильно змінених водних об'єктів, зокрема водосховищ.

Важливим компонентом оцінки екологічного стану водойм є визначення мікробіологічних показників якості води. Мікробіологічне забруднення формується внаслідок надходження органічних речовин та неочищених стічних вод, що створює сприятливі умови для розвитку патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів. Підвищення мікробного навантаження негативно впливає на гідробіонтів, зокрема на рибні популяції, та сприяє поширенню інфекційних захворювань риб.

Серед найбільш поширених бактеріальних захворювань риб, пов'язаних із погіршенням мікробіологічного стану водного середовища, виділяють аеромоноз та псевдомоноз. Аеромоноз, збудниками якого є бактерії роду *Aeromonas*, супроводжується розвитком геморагічної септицемії, утворенням виразок та ураженням внутрішніх органів риб. Псевдомоноз, спричинений бактеріями роду *Pseudomonas*, характеризується некро-

тичними ураженнями шкіри, руйнуванням плавників та запальними процесами у зябрах. Крім бактеріальних інфекцій, в умовах забруднення води значного поширення набувають грибові та паразитарні захворювання, зокрема сапролегніоз, іхтіофтиріоз та дактилогіроз. Мікробіологічне забруднення негативно впливає не лише на епізоотичний стан водойм, але й на загальний фізіологічний стан риб. Надмірний вміст органічних речовин у воді супроводжується зниженням концентрації розчиненого кисню, що призводить до розвитку стресових станів, порушення обмінних процесів та зниження імунної резистентності гідробіонтів. За таких умов навіть умовно-патогенні мікроорганізми можуть набувати високої патогенності та спричиняти масову загибель риб.

Забезпечення населення якісною та безпечною водою залишається однією з найважливіших глобальних проблем сучасності та визначене серед ключових пріоритетів Цілей сталого розвитку ООН, зокрема Цілі № 6 «Чиста вода та належні санітарні умови». Погіршення якості водних ресурсів створює суттєві ризики для здоров'я людей і тварин як через поширення водно-інфекційних захворювань, так і опосередковано — через забруднення харчової продукції патогенними мікроорганізмами, зокрема при використанні неякісної води для зрошення та виробництва харчових продуктів.

Мікробіологічне забруднення води є однією з найсерйозніших екологічних та санітарно-гігієнічних проблем у світі. За оцінками міжнародних організацій, щороку захворювання, пов'язані із забрудненою водою, спричиняють понад 800 тисяч смертей [15]. Крім значних соціальних наслідків, мікробне забруднення водних ресурсів супроводжується суттєвими економічними втратами, які оцінюються приблизно у 12 мільярдів доларів США щорічно [16]. Патогенні мікроорганізми регулярно виявляються у різних типах водного середовища — прісних і морських водах, питній та очищеній воді, а також у стічних водах. Саме мікробне забруднення стало причиною численних спалахів інфекційних захворювань у різних країнах світу, збудниками яких переважно виступають патогенні бактерії, віруси та найпростіші.

У зв'язку з цим особливого значення набуває впровадження сучасних, надійних та

швидких методів виявлення мікробіологічного забруднення води, що дозволяють оперативно реагувати на потенційні епідемічні загрози та своєчасно здійснювати необхідні природоохоронні й санітарні заходи.

Підтримання належної якості води є також критично важливим для збереження здоров'я риб та забезпечення стабільного функціонування аквакультурних систем. Мікробні угруповання відіграють подвійне значення у водних екосистемах: з одного боку, вони беруть участь у підтриманні природних процесів самоочищення та стабілізації якості води, а з іншого — можуть виступати джерелом патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів, небезпечних для іхтіофауни [17].

Особливої актуальності проблема набуває в умовах інтенсифікації аквакультури, що супроводжується збільшенням випадків спалахів інфекційних захворювань риб, зокрема вібріозу, пастерельозу та інших бактеріальних патологій [19]. Навіть окремі групи непатогенних мікроорганізмів можуть негативно впливати на стан водних організмів. Наприклад, сульфатвідновлювальні бактерії за анаеробних умов здатні утворювати токсичний сірководень (H_2S), який є небезпечним для риб та інших гідробіонтів [18].

Для оцінки стану здоров'я риб та якості водного середовища дедалі ширше використовуються сучасні методи біологічного контролю, зокрема гістологічні дослідження тканин. Гістологічний аналіз дозволяє виявляти патологічні зміни в організмі риб ще до появи зовнішніх клінічних ознак захворювань, що робить його ефективним інструментом ранньої діагностики порушень у водних екосистемах. Використання кількісних та напівкількісних систем оцінювання гістопатологічних змін дає можливість встановлювати взаємозв'язок між станом риб, умовами вирощування та параметрами якості води [20].

Отже, мікробіологічне та хімічне забруднення водних об'єктів є важливими чинниками деградації водних екосистем і погіршення стану іхтіофауни. Проведення систематичного екологічного моніторингу, контроль якості води та впровадження ефективних природоохоронних заходів є необхідними умовами для збереження біорізноманіття та забезпечення екологічної безпеки водних ресурсів [21].

Методи

Аналітичні дослідження, спрямовані на визначення показників мікробіологічного та хімічного забруднення поверхневих вод Печенізького водосховища, виконані на базі лабораторії еколого-токсикологічних досліджень Навчально-наукового інституту екології, зеленої енергетики та сталого розвитку. Проведення досліджень здійснювалося із застосуванням сучасних аналітичних методів, сертифікованого лабораторного обладнання та відповідно до чинних нормативно-методичних вимог [22].

Одним із основних мікробіологічних показників, що використовувався під час оцінки якості води, було загальне мікробне число (ЗМЧ). Даний показник є важливим індикатором санітарного стану об'єктів довкілля та широко застосовується для оцінки рівня мікробного забруднення води, ґрунтів, харчових продуктів та інших природних і антропогенних середовищ. ЗМЧ характеризує загальну кількість життєздатних мікроорганізмів, здатних утворювати колонії на щільних поживних середовищах за визначених умов культивування.

Методика визначення загального мікробного числа базується на висіві досліджу

ваного зразка або його серійних розведень на щільне поживне середовище з подальшим інкубуванням та підрахунком колоній, що утворилися. При цьому кожна окрема колонія розглядається як результат розвитку однієї клітини або групи мікроорганізмів, що дозволяє оцінити ступінь мікробного забруднення досліджуваного середовища.

Показник ЗМЧ широко використовується під час проведення санітарно-гігієнічного контролю, оцінки ефективності процесів очищення та дезінфекції, а також у системах екологічного моніторингу водних екосистем. Підвищені значення загального мікробного числа можуть свідчити про наявність значного органічного забруднення та погіршення екологічного стану водного середовища.

Разом із тим, необхідно враховувати, що метод визначення ЗМЧ дозволяє оцінити лише ту частину мікроорганізмів, яка здатна розвиватися за заданих лабораторних умов культивування. У зв'язку з цим фактична чисельність мікробіоти у природному середовищі може бути значно вищою за отримані експериментальні результати.

Результати та обговорення

Печенізьке водосховище належить до найбільших штучних водойм східної частини України та розташоване в межах Харківської області на річці Сіверський Донець. Воно має важливе значення для водогосподарського комплексу регіону, виконуючи функції водопостачання, регулювання річкового стоку, рекреаційного використання та підтримання екологічної рівноваги водних екосистем.

Створення водосховища відбулося у 1960-х роках шляхом спорудження гідротехнічного комплексу з метою накопичення водних ресурсів і забезпечення стабільного водопостачання населення та промислових підприємств, насамперед міста Харкова. Розташування Печенізького водосховища в середній течії річки Сіверський Донець обумовлює особливості його гідрологічного та гідрохімічного режимів, які формуються під впливом природних факторів і антропогенного навантаження.

Площа водного дзеркала водосховища становить близько 86 км², а загальний об'єм водної маси перевищує 380 млн м³. Середня

глибина водойми складає 4–5 м, тоді як максимальні глибини в районі греблі досягають приблизно 20 м. Довжина водосховища сягає близько 65 км, що визначає його характерну витягнуту форму, типову для руслових водосховищ.

Гідрологічний режим Печенізького водосховища переважно залежить від водності річки Сіверський Донець, яка є основним джерелом його живлення. Додаткове надходження води відбувається за рахунок приток, атмосферних опадів та підземних вод. Для водосховища характерні сезонні коливання рівня води, пов'язані з весняним водопіллям, літньою межею та зимовим льодоставом. Максимальні рівні води зазвичай спостерігаються навесні внаслідок інтенсивного танення снігу, тоді як у літньо-осінній період відзначається поступове зниження рівня води.

Температурний режим водойми характеризується вираженою сезонною мінливістю. У теплий період року температура поверхневих шарів води може досягати 22–25 °С, тоді як у зимовий період формується льодовий по-

крив. У більш глибоких шарах можливе виникнення температурної стратифікації, що впливає на перерозподіл розчиненого кисню та інших компонентів у товщі води [23].

Гідрохімічні характеристики водосховища формуються під впливом природних процесів і антропогенної діяльності. Вода Печенізького водосховища належить до помірно мінералізованих вод гідрокарбонатно-кальцієвого типу. До основних показників якості води належать вміст розчиненого кисню, концентрація біогенних елементів (сполук азоту та фосфору), органічних речовин, а також мікробіологічні показники. Істотний вплив на гідрохімічний режим водойми здійснюють скиди стічних вод, поверхневий стік із сільськогосподарських угідь та урбанізованих територій.

Відбір проб поверхневих вод Печенізького водосховища проводився восени 2025

року та навесні 2026 року (рис. 1). У відібраних зразках визначали вміст важких металів та показники загального мікробного числа.

Відбір проб здійснювався у таких точках:

с. Рубіжне — 50.162771, 36.832948;

смт Старий Салтів — 50.078420, 36.808288;

с. Мартове — 49.938087, 36.943507;

смт Печеніги — 49.886795, 36.983333.

Наведені результати (рис. 2) дають можливість оцінити рівень забруднення поверхневих вод важкими металами у різних створах Печенізького водосховища та провести їх порівняння з установленими гранично допустимими концентраціями (ГДК).

Проведений аналіз свідчить, що серед досліджених елементів найбільшу екологічну небезпеку становлять марганець і загальне залізо. Концентрації марганцю у досліджених

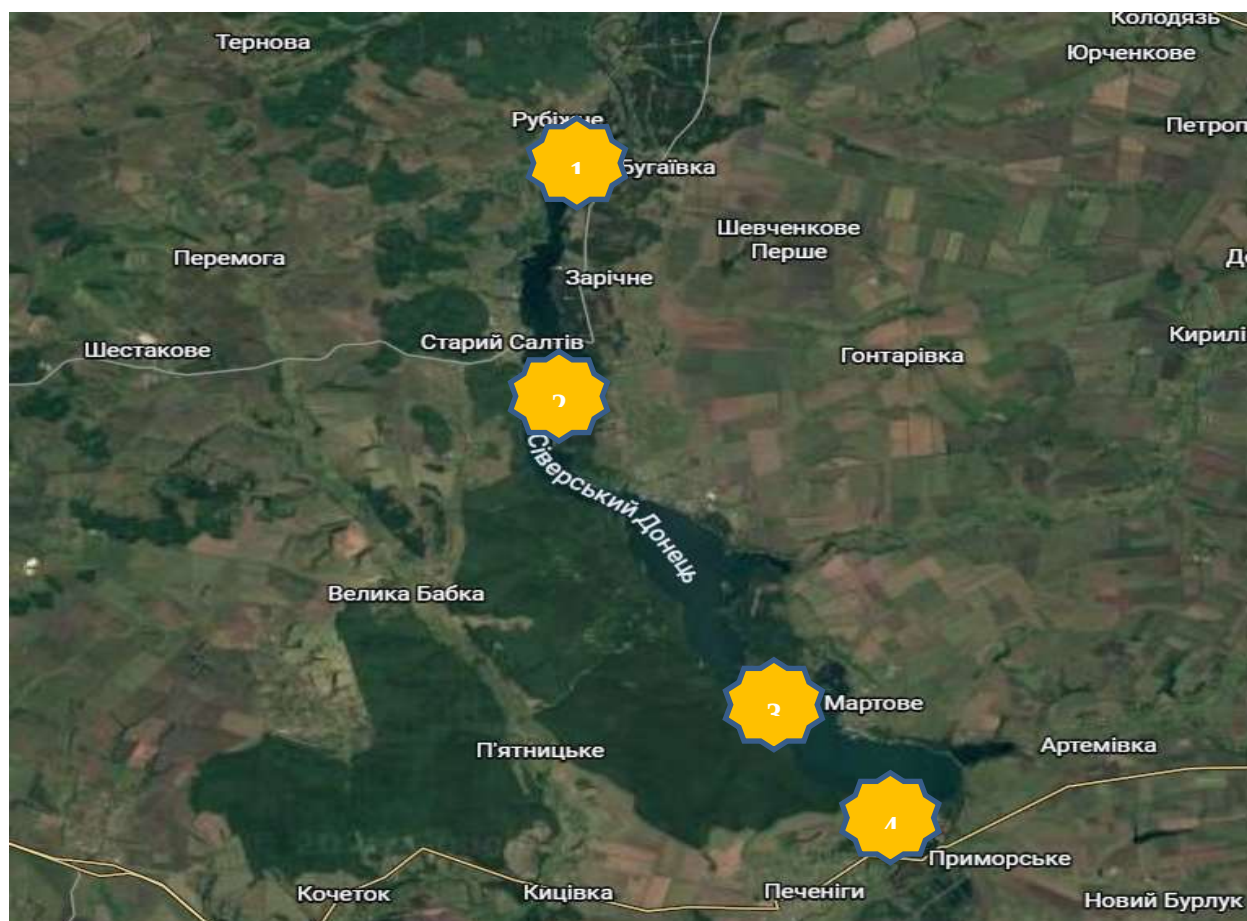


Рис. 1 – Місця відбору зразків води з Печенізького водосховища

Fig. 1 – Sampling locations of water samples from the Pechenihy Reservoir

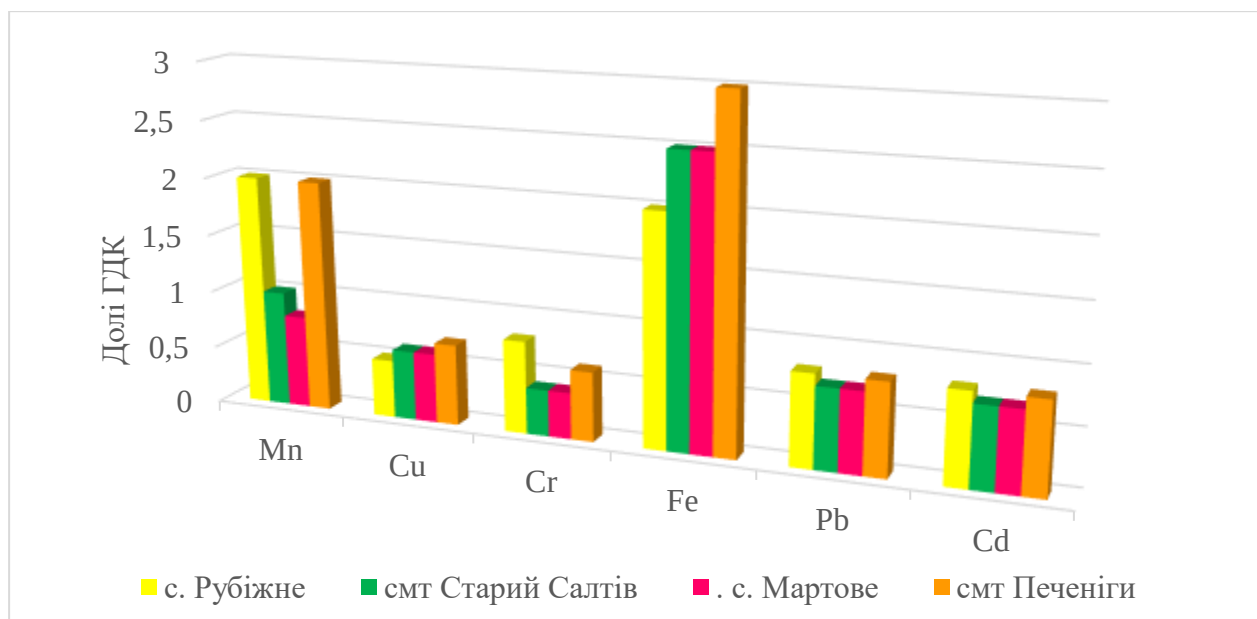


Рис. 2 – Результати визначення концентрацій важких металів у зразках поверхневих вод, які було відібрано з Печенізького водосховища восени 2025 року

Fig. 2 – Results of heavy metal concentration determination in surface water samples collected from the Pechenihy Reservoir in autumn 2025

пробах варіювали в межах 0,04–0,1 мг/л. У створах с. Рубіжне та с.м.т Печеніги зафіксовано перевищення нормативного значення (0,05 мг/л) у 2 рази, що вказує на підвищений вміст даного елемента у водному середовищі. У районі с.м.т Старий Салтів концентрація марганцю перебувала на межі допустимого рівня, тоді як у с. Мартове спостерігались найнижчі значення. Підвищення концентрацій марганцю може бути пов'язане як із природними геохімічними особливостями території, так і з процесами відновлення металів у придонних шарах водойми.

Найбільш суттєві перевищення встановлено для загального заліза. Його концентрації коливалися у межах 0,4–0,6 мг/л при нормативному значенні 0,2 мг/л, що свідчить про перевищення ГДК у 2–3 рази в усіх досліджених створах. Максимальний вміст заліза зафіксований у районі с.м.т Печеніги (0,6 мг/л). Така ситуація може бути зумовлена як природними процесами вимивання залізовмісних сполук із ґрунтів та донних відкладів, так і впливом антропогенних джерел забруднення. Підвищений вміст заліза здатний негативно впливати на органолептичні властивості води та спричиняти вторинні екологічні наслідки для водних екосистем.

Концентрації міді у досліджених пробах становили 0,5–0,7 мг/л, що не перевищує встановлену ГДК (1,0 мг/л). Найвищі значення спостерігались у районі с.м.т Печеніги, що може свідчити про локальний вплив антропогенних чинників. Загалом рівень забруднення води міддю можна оцінити як помірний та такий, що відповідає нормативним вимогам.

Вміст хрому у всіх досліджених створах знаходився в межах 0,02–0,04 мг/л, що є нижчим за гранично допустиму концентрацію (0,05 мг/л). Це свідчить про відсутність суттєвого забруднення водного середовища сполуками хрому та відносно стабільний екологічний стан за даним показником.

Концентрації свинцю та кадмію, незважаючи на їх високу токсичність, були відносно низькими та не перевищували нормативних значень. Вміст свинцю коливався у межах 0,007–0,008 мг/л при ГДК 0,01 мг/л, тоді як концентрації кадмію становили 0,0007–0,0008 мг/л при допустимому рівні 0,001 мг/л. Разом із тим, навіть незначні концентрації цих токсикантів потребують постійного контролю через їх здатність до біокумуляції та накопичення у донних відкладах і тканинах гідробіонтів.

У просторовому аспекті простежується тенденція до підвищення концентрацій більшості важких металів у напрямку до смт Печеніги, що може бути пов'язано з процесами акумуляції забруднювальних речовин у межах водосховища. Найбільш сприятливий екологічний стан за вмістом важких металів відзначався у створі с. Мартове, де зафіксовані найнижчі концентрації більшості досліджених елементів.

У цілому екологічний стан поверхневих вод Печенізького водосховища за показниками вмісту важких металів можна оцінити як відносно задовільний, однак із окремими ознаками погіршення, пов'язаними з перевищенням нормативів для заліза та марганцю. Незважаючи на те, що концентрації

інших металів не перевищували встановлених нормативів, їх присутність у водному середовищі вимагає систематичного моніторингу. Основна екологічна небезпека полягає не лише у поточних концентраціях токсикантів, а й у можливості їх накопичення у донних відкладах та подальшої ремобілізації у водне середовище (рис. 2).

Аналіз отриманих результатів показав, що значення загального мікробного числа (ЗМЧ) у досліджених створах Печенізького водосховища знаходяться в межах $64,1\text{--}85,0$ КУО/см³, що у перерахунку становить $6,4 \times 10^4 \text{--} 8,5 \times 10^4$ КУО/дм³. Отримані значення свідчать про відносно однорідний та помірний рівень мікробного забруднення водного середовища (табл. 1).

Таблиця 1

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

Table 1

Indicators of total microbial count in the investigated water samples collected in autumn 2025

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

Найвищий показник ЗМЧ було зафіксовано у районі смт Старий Салтів ($85,0 \pm 2,19$ КУО/см³), що може бути пов'язано з підвищеним антропогенним навантаженням на дану ділянку водосховища. Ймовірними джерелами впливу є рекреаційна діяльність, близькість населеного пункту, а також можливе надходження побутових стічних вод. Крім того, у цій частині водосховища можуть формуватися умови менш інтенсивного водообміну, що сприяє накопиченню органічних речовин і мікроорганізмів.

У створах с. Рубіжне та с. Мартове значення ЗМЧ були близькими між собою та становили відповідно $71,1 \pm 4,13$ і $73,5 \pm 4,29$ КУО/см³, що свідчить про подібні умови формування мікробіологічного стану води. Найнижче значення показника було встановлено у районі смт Печеніги ($64,1 \pm 3,42$ КУО/см³), що може пояснюватися більш ін-

тенсивним водообміном та менш вираженим локальним антропогенним впливом.

З гігієнічної та екологічної точок зору встановлені значення ЗМЧ відповідають водам із помірним рівнем мікробного навантаження. Отримані результати не свідчать про критичне мікробіологічне забруднення, однак вказують на наявність у водному середовищі органічних речовин, що є поживним субстратом для розвитку мікроорганізмів. Підвищення показників у окремих створах може бути пов'язане з локальними джерелами органічного забруднення та впливом антропогенних факторів.

У просторовому аспекті простежується тенденція до зростання мікробного навантаження у районі смт Старий Салтів із подальшим зниженням показників у напрямку до смт Печеніги. Така закономірність може свідчити про прояв процесів природ-

ного самоочищення водосховища, включаючи розбавлення забруднювальних речовин, седиментацію завислих часток та біологічну трансформацію органічних сполук.

Загалом мікробіологічний стан вод Печенізького водосховища можна оцінити як відносно стабільний із помірним рівнем забруднення. Водночас виявлені просторові відмінності підкреслюють необхідність проведення регулярного моніторингу, особливо у створах, що зазнають підвищеного антропогенного впливу.

Умови існування риб у Печенізькому водосховищі за встановлених восени 2025 року показників якості води можна охарактеризувати як загалом сприятливі, однак із наявністю окремих ознак екологічного навантаження. Помірний рівень загального мікробного числа свідчить про відсутність різко вираженого органічного забруднення, що забезпечує підтримання відносно стабільного кисневого режиму та базових умов для нормальної життєдіяльності іхтіофауни. Разом із тим, підвищені концентрації окремих важких металів, насамперед заліза та марганцю, а також наявність токсичних елементів, таких як кадмій і свинець, навіть у низьких концентраціях можуть чинити тривалий хронічний вплив на організм риб.

Подібний вплив проявляється переважно у вигляді фізіологічних порушень: пригнічення обмінних процесів, зниження темпів росту, погіршення функціонування зябрового апарату та ослаблення імунної системи. У таких умовах підвищується ризик розвитку інфекційних та паразитарних захворювань. Серед найбільш поширених бактеріальних хвороб можуть виникати аеромоноз та псевдомоноз, які супроводжуються септичними процесами, утворенням виразок, почервонінням покривів та загальним виснаженням організму риб. За наявності сприятливих умов для розвитку паразитів можливе поширення іхтіофтіріозу («манки»), дактилогірозу та гіродактильозу, що вражають шкіру та зябра риб і суттєво ускладнюють процеси дихання.

У разі ослаблення організму або механічних ушкоджень може розвиватися сапролегніоз — грибкове захворювання, яке проявляється утворенням характерного ватоподібного нальоту на поверхні тіла риб. Крім

інфекційних патологій, можливі функціональні порушення, пов'язані з токсичною дією важких металів, зокрема ушкодження зябрового апарату, порушення газообміну, негативний вплив на нервову систему та репродуктивні процеси. Найбільш чутливими до змін якості водного середовища є молодь риб та ікра, для яких навіть незначні коливання гідрохімічних показників можуть мати суттєві наслідки.

Таким чином, екологічний стан Печенізького водосховища загалом забезпечує можливість нормального існування рибних популяцій, однак наявність помірного антропогенного навантаження створює ризики розвитку інфекційних, паразитарних та хронічних токсичних уражень. Це обумовлює необхідність постійного екологічного моніторингу якості води та контролю стану іхтіофауни водосховища.

Результати досліджень вмісту важких металів у поверхневих водах Печенізького водосховища, відібраних навесні 2026 року, свідчать про формування напруженого гідрохімічного стану водойми під впливом природних та антропогенних чинників (рис. 3).

У ході досліджень встановлено підвищений вміст марганцю, концентрації якого у різних створах становили 0,1–0,2 мг/л при нормативному значенні 0,05 мг/л, що відповідає перевищенню у 2–4 рази. Аналогічна тенденція характерна і для загального заліза: його концентрації коливалися у межах 0,6–0,8 мг/л при ГДК 0,2 мг/л, тобто перевищували допустимий рівень у 3–4 рази. Такі показники можуть бути пов'язані як із природними процесами вимивання мінеральних сполук із ґрунтів та донних відкладів, так і з впливом господарської діяльності на водозбірній території.

Концентрації міді у більшості досліджених точок не перевищували встановленого нормативу та знаходилися в межах 0,8–0,9 мг/л. Водночас у районі смт Печеніги було зафіксовано локальне перевищення ГДК — 1,2 мг/л при допустимому значенні 1,0 мг/л, що може свідчити про наявність локального джерела надходження цього елемента у водне середовище.

Вміст хрому у досліджених пробах становив 0,04–0,05 мг/л та наближався до гранично допустимих концентрацій, що вказує на

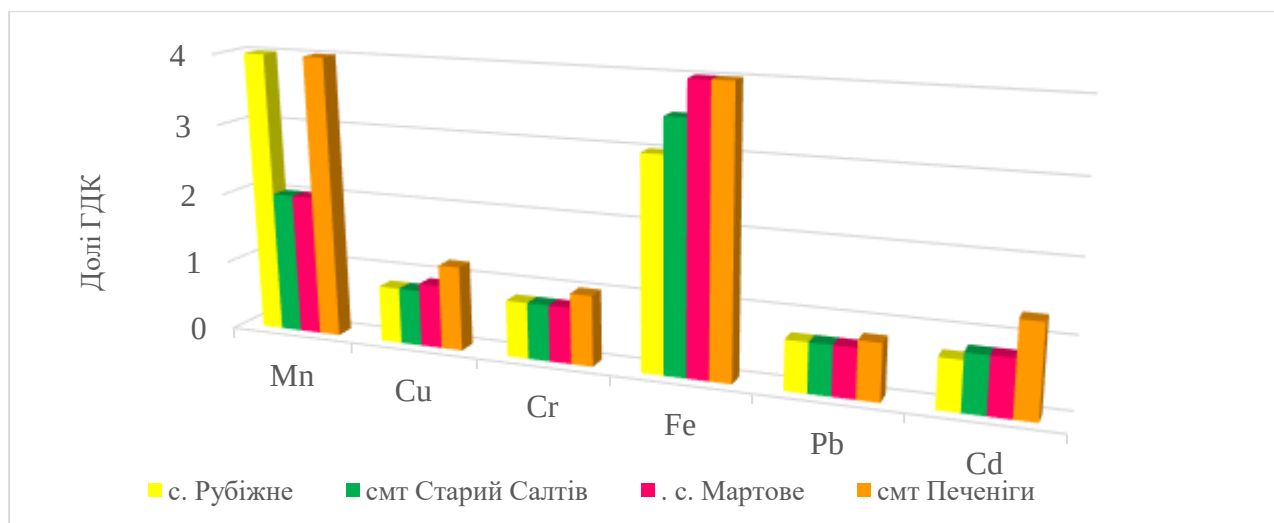


Рис. 3 – Результати визначення концентрацій важких металів у зразках поверхневих вод, які було відібрано з Печенізького водосховища навесні 2026 року

Fig. 3 – Results of Determination of Heavy Metal Concentrations in Surface Water Samples Collected from the Pecheniyh Reservoir in Spring 2026

потенційний ризик подальшого погіршення якості води за цим показником у разі зростання антропогенного навантаження.

Концентрації свинцю та кадмію загалом відповідали нормативним вимогам, однак у ряді створів знаходилися поблизу гранично допустимих значень. Особливої уваги потребує вміст кадмію у районі смт Печеніги, де його концентрація становила 0,0013 мг/л при нормативі 0,001 мг/л. Зважаючи на високу токсичність кадмію та його здатність до накопичення у водних організмах і донних відкладах, навіть незначні перевищення можуть становити потенційну екологічну небезпеку.

Просторовий розподіл важких металів свідчить про поступове збільшення їх концентрацій у напрямку нижньої частини водосховища. Найвищі показники за більшістю елементів були встановлені у районі смт Печеніги, що підтверджує роль водосховища як природної зони акумуляції забруднювальних речовин. Така закономірність може бути обумовлена уповільненням течії, активізацією процесів седиментації та накопиченням забруднювачів у донних відкладах.

У цілому екологічний стан поверхневих вод Печенізького водосховища за показниками вмісту важких металів можна оцінити як помірно забруднений із ознаками

нестабільного гідрохімічного режиму. Систематичні перевищення нормативів для заліза та марганцю, а також локальні випадки підвищеного вмісту міді та кадмію свідчать про необхідність проведення постійного екологічного моніторингу та впровадження заходів, спрямованих на зменшення надходження забруднювальних речовин у водосховище.

Отримані навесні 2026 року результати визначення загального мікробного числа у водах Печенізького водосховища (табл.2) свідчать про суттєве погіршення мікробіологічного стану водойми та формування високого органічного навантаження. Значення ЗМЧ знаходилися в межах 635,1–783,5 КУО/см³, що у перерахунку становить $6,4 \times 10^5$ – $7,8 \times 10^5$ КУО/дм³. Такі показники значно перевищують рівні, характерні для відносно чистих поверхневих вод, і вказують на активізацію процесів мікробіологічної трансформації органічних речовин.

Мінімальні значення ЗМЧ були встановлені у створі с. Рубіжне, тоді як максимальні концентрації зафіксовано у районі с. Мартове. У створах смт Старий Салтів та смт Печеніги показники також залишалися стабільно високими, що свідчить не про локальний, а про загальноакваторний характер мікробіологічного забруднення водосховища. Просторовий

Таблиця 2

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

Table 2

Indicators of Total Microbial Count in the Investigated Water Samples Collected in Spring 2026

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

розподіл показників демонструє тенденцію до посилення мікробного навантаження у центральній та нижній частинах водойми, що може бути пов'язано з накопиченням органічних речовин, уповільненням водообміну та інтенсифікацією біохімічних процесів у водній товщі.

Невеликі значення похибок вимірювань свідчать про високу достовірність отриманих результатів та підтверджують стабільність сформованого мікробіологічного режиму. Високі концентрації ЗМЧ можуть вказувати на надходження у водосховище недостатньо очищених стічних вод, поверхневого змиву органічних речовин із прилеглих територій, а також активізацію процесів евтрофікації в умовах весняного водопілля та підвищення температури води.

З екологічної точки зору такі показники свідчать про наявність значної кількості легкоокиснюваної органічної речовини та активний розвиток мікроорганізмів, що супроводжується збільшенням біохімічного споживання кисню. У подібних умовах підвищується ризик локального дефіциту розчиненого кисню, особливо у придонних шарах, що негативно впливає на функціонування водних екосистем.

Зафіксовані високі значення загального мікробного числа у поєднанні з підвищеним вмістом окремих важких металів формують для іхтіофауни Печенізького водосховища напружені екологічні умови. Такий стан не обов'язково супроводжується масовою загибеллю риб, однак створює виражений фізіологічний стрес та підвищує ризик розвитку інфекційних і паразитарних захворювань. Інтенсивне органічне забруднення сприяє розвитку умовно-патогенної мікрофлори, а токсична дія

металів додатково пригнічує імунну систему та порушує обмінні процеси.

У таких умовах найбільш ймовірним є розвиток бактеріальних захворювань, зокрема аеромонозу та псевдомонозу, які супроводжуються септичними процесами, утворенням виразок, геморагіями та загальним виснаженням організму риб. Погіршення якості води також створює сприятливі умови для поширення паразитарних інвазій, зокрема іхтіофтіріозу, дактилігнірозу та гіродактильозу. Ослаблення організму риб і механічні ушкодження можуть сприяти розвитку вторинних грибкових інфекцій, зокрема сапролегніозу.

Окрему небезпеку становить тривалий вплив важких металів. Підвищений вміст заліза та марганцю здатний викликати подразнення і закупорювання зябрового апарату, що призводить до порушення газообміну. Свинець і кадмій, навіть у невеликих концентраціях, характеризуються здатністю до накопичення у тканинах риб, спричиняючи хронічні інтоксикації, ураження нервової системи та порушення репродуктивних функцій.

У результаті формується комплексний синдром екологічного стресу, який проявляється зниженням темпів росту, погіршенням поведінкових реакцій, пригніченням репродуктивних процесів та підвищенням смертності молоді й ікри. Найбільш чутливими до змін якості водного середовища залишаються ранні стадії розвитку риб, для яких навіть незначні відхилення гідрохімічних та мікробіологічних показників можуть мати критичні наслідки.

Порівняльна оцінка показників осені 2025 року та весни 2026 року свідчить про чітко виражену сезонну динаміку погіршення екологічного стану водосховища. Навесні від-

булося суттєве зростання як мікробного навантаження, так і концентрацій більшості досліджених металів.

Подібні зміни можуть бути пов'язані з таненням снігу, посиленням поверхневого стоку та активізацією біогеохімічних процесів у водоймі. Крім того, сезонне підвищення температури води та збільшення кількості органічних речовин створюють сприятливі умови для розвитку вторинних інфекцій та посилення евтрофікаційних процесів. Найбільш вразливими до таких змін є молодь риб та ікра, у яких можливі порушення ембріонального

розвитку, підвищення смертності та зниження виживаності популяцій.

Отже, сезонна динаміка мікробіологічного та гідрохімічного стану Печенізького водосховища безпосередньо впливає на фізіологічний стан іхтіофауни та рівень захворюваності риб. Якщо восени умови існування можна було оцінити як відносно стабільні, то навесні формується значно вищий ризик розвитку бактеріальних, паразитарних і грибкових патологій. Це свідчить про необхідність посилення екологічного моніторингу та врахування сезонного фактору при оцінці стану водних екосистем.

Висновки

Печенізьке водосховище належить до найбільших штучних водойм східної частини України та розташоване на річці Сіверський Донець у межах Харківської області. Водосховище має важливе господарське та екологічне значення, виконуючи функції водопостачання, регулювання стоку, рекреаційного використання та підтримання екологічної рівноваги регіону.

Дослідження вмісту важких металів і показників загального мікробного числа у відібраних пробах води здійснювалися у лабораторії еколого-токсикологічних досліджень Навчально-наукового інституту екології, зеленої енергетики та сталого розвитку.

Загальне мікробне число (ЗМЧ) є одним із базових мікробіологічних показників, який використовується для оцінки санітарно-екологічного стану довкілля, зокрема водних об'єктів, характеризує кількість життєздатних мікроорганізмів, здатних формувати колонії на поживних середовищах за визначених умов культивування, та є важливим індикатором рівня органічного і мікробіологічного забруднення.

У весняний період 2026 року порівняно з осінню 2025 року спостерігалось погіршення гідрохімічного стану водосховища, що проявлялось підвищенням концентрацій більшості досліджених важких металів та збільшенням кількості випадків пере-

вищення гранично допустимих концентрацій. Подібна динаміка, ймовірно, пов'язана з весняним таненням снігу, активізацією поверхневого стоку та інтенсифікацією біогеохімічних процесів у водному середовищі. Отримані результати свідчать про необхідність урахування сезонних особливостей при оцінці екологічного стану водосховища та посилення моніторингових досліджень у весняний період.

Результати визначення загального мікробного числа у воді Печенізького водосховища свідчать про виражену сезонну мінливість мікробіологічного стану водойми та формування більш напружених екологічних умов навесні 2026 року. Встановлені зміни мікробіологічних показників безпосередньо впливають на умови існування іхтіофауни та характер поширення захворювань риб у різні сезони року.

В осінній період, за помірного рівня мікробного навантаження, захворюваність риб переважно мала фоновий характер і була пов'язана з природною присутністю умовно-патогенної мікрофлори та паразитів. У цей час частіше спостерігалися окремі випадки паразитарних уражень, зокрема дактилогірозу та гіродактильозу, які локалізуються на шкірі та зябрах риб, однак їх розвиток стримувався відносно стабільними умовами середовища та достатнім рівнем резистентності організмів.

Конфлікт інтересів

Автори засвідчують, що, незважаючи на те, що окремі автори статті є членами редакційної колегії цього журналу, процес рецензування, прийняття рішення щодо публікації та редагування проводилися незалежно, без їхньої участі чи впливу. Будь-які потенційні конфлікти інтересів були повністю усунені шляхом зовнішнього контролю процесу. Крім

того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

Внесок авторів: всі автори зробили рівний внесок у цю роботу.

Декларація про використання ШІ

Технології штучного інтелекту (ChatGPT) застосовувалися виключно як допоміжний інструмент для мовного редагування та вдосконалення оформлення наукового матеріалу. Усі наукові інтерпретації, аналіз результатів та висновки виконані авторами самостійно.

Список використаної літератури

1. Jackson, R.B., Carpenter, S.R., Dahm, C.N., McKnight, D.M., Naiman, R.J., Postel, S.L., Running, S.W. *Water in a Changing World*. Ecol. Appl. 2001. Vol. 11, P. 1027–1045. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2001\)011\[1027:WIACW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2001)011[1027:WIACW]2.0.CO;2)
2. Wada, Y., Graaf, I., Beek, L. High-Resolution Modeling of Human and Climate Impacts on Global Water Resources. J. Adv. Model. Earth Syst. 2014. Vol. 6, P. 513–526. <https://doi.org/10.1002/2014MS000322>
3. Rodrigues, S., Pinto, I., Martins, F., Formigo, N., Antunes, S.C. Can Biochemical Endpoints Improve the Sensitivity of the Biomonitoring Strategy Using Bioassays with Standard Species, for Water Quality Evaluation? Ecotoxicol. Environ. Saf. 2021. Vol. 215, 112151. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112151>
4. World Water Assessment Programme. The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World. UNESCO: Paris, France; Earthscan: London, UK, 2009. ISBN 978-1-84407-840-0.
5. Diogo, B.S., Rodrigues, S., Silva, N., Pinto, I., Antunes, S.C. Evidence for Links between Feeding Behavior of *Daphnia magna* and Water Framework Directive Elements: Case Study of Crestuma-Lever Reservoir. Water. 2022. Vol. 14, 3989. <https://doi.org/10.3390/w14233989>
6. Helios-Rybicka, E., Holda, A., Jarosz, E. Monitoring and Quality Assessment of Selected Physical and Chemical Parameters of the Sola River System, South Poland. Inżynieria Środowiska. 2005. Vol. 10, P. 45–58. URL: https://www.researchgate.net/publication/314952477_Monitoring_and_Quality_Assessment_of_the_Selected_Physical_and_Chemical_Parameters_of_the_Sola_River_System_South_Poland
7. INAG. Critérios Para a Classificação Do Estado Das Massas de Água Superficiais—Rios e Albufeiras. INAG: Lisboa, Portugal, 2009. URL: <https://apambiente.pt/dqa/assets/crit%C3%A9rios-classifica%C3%A7%C3%A3o-rios-e-albufeiras.pdf>
8. Simões, N.R., Nunes, A.H., Dias, J.D., Lansac-Tôha, F.A., Velho, L.F.M., Bonecker, C.C. Impact of Reservoirs on Zooplankton Diversity and Implications for the Conservation of Natural Aquatic Environments. Hydrobiologia. 2015. Vol. 758, P. 3–17. <https://doi.org/10.1007/s10750-015-2260-y>
9. Smith, V.H., Tilman, G.D., Nekola, J.C. Eutrophication: Impacts of Excess Nutrient Inputs on Freshwater, Marine, and Terrestrial Ecosystems. Environ. Pollut. 1999. Vol. 100, P. 179–196. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(99\)00091-3](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(99)00091-3)
10. Bhagowati, B., Ahamad, K. A Review on Lake Eutrophication Dynamics and Recent Developments in Lake Modeling. Ecohydrol. Hydrobiol. 2019. Vol. 19, P. 155–166. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2018.03.002>
11. Bengtsson, L., Herschy, R.W., Fairbridge, R.W. Encyclopedia of Lakes and Reservoirs. Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2012. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4410-6>
12. Pinto, I., Rodrigues, S., Lage, O.M., Antunes, S.C. Assessment of Water Quality in Aguireira Reservoir: Ecotoxicological Tools in Addition to the Water Framework Directive. Ecotoxicol. Environ. Saf. 2021. Vol. 208, 111583. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111583>
13. European Parliament. European Union Directive 2000/60/EC. Off. J. Eur. Communities. 2000. Vol. L327, P. 1–72. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj>
14. García-Chicote, J., Armengol, X., Rojo, C. Zooplankton Abundance: A Neglected Key Element in the Evaluation of Reservoir Water Quality. Limnologia. 2018. Vol. 69, P. 46–54. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2017.12.00615>
15. World Health Organization. Drinking-Water. Available online: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
16. Alhamlan, F.S., Al-Qahtani, A.A., Al-Ahdal, M.N. Recommended Advanced Techniques for Waterborne Pathogen Detection in Developing Countries. J. Infect. Dev. Ctries. 2015. Vol. 9, P. 128–135. <https://doi.org/10.3855/jidc.6101>
17. Vadstein, O., Attramadal, K.J.K., Bakke, I., Olsen, Y. K-Selection as Microbial Community Management Strategy: A Method for Improved Viability of Larvae in Aquaculture. Front. Microbiol. 2018. Vol. 9. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02730>
18. Drønen, K., Roalkvam, I., Nilsen, H., Olsen, A.B., Dahle, H., Wergeland, H. Presence and Habitats of Bacterial Fish Pathogen Relatives in a Marine Salmon Post-Smolt RAS. Aquac. Rep. 2022. Vol. 26, Article 101312. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101312>

19. Zhang, X.-H., He, X., Austin, B. *Vibrio harveyi*: A Serious Pathogen of Fish and Invertebrates in Mariculture. *Mar. Life Sci. Technol.* 2020. Vol. 2, P. 231–245. <https://doi.org/10.1007/s42995-020-00037-z>
20. Ramírez, C., Romero, J. The Microbiome of *Seriola lalandi* of Wild and Aquaculture Origin Reveals Differences in Composition and Potential Function. *Front. Microbiol.* 2017. Vol. 8. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01844>
21. Krainiukov, O., Kryvytska, I., Demenko, A., Mukhina, O. Sensitivity Assessment of *Ceriodaphnia affinis* and *Daphnia magna* for the Determination of Ecological Water Quality Standards for Chemical Substances. XVII International Scientific Conference “Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment”. 2023. Vol. 2023, P. 1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023520137>
22. ДСТУ EN ISO 6222:2015. Якість води. Підрахунок культивованих мікроорганізмів. Київ: ДП «Укр-НДНЦ», 2016. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=95726
23. Borysenko, K., Hutchinson, S.M., Sinchuk, D. Manifestations and Consequences of Water Conflicts: Case Study of the Pecheniyh Reservoir, Kharkiv Region, Ukraine. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series Geology. Geography. Ecology.* 2024. Vol. 60, P. 173–187. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-12>

Стаття надійшла до редакції 08.04.2026

Переглянуто 10.05.2026

Стаття рекомендована до друку 19.05.2026

Опубліковано 30.05.2026

I. A. KRYVYTSKA¹, PhD (Biology),

Associate Professor of the Department of Zoology and Animal Ecology

e-mail: krivicka@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4727-794X>

V. N. Karazin Kharkiv National University,
4, Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine

D. A. SHABANOV¹, DSc (Biology), Prof.,

Head of the Department of Zoology and Animal Ecology

e-mail: shabanov@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3247-6882>

V. N. Karazin Kharkiv National University,
4, Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine

K. V. DAVYDENKO², PhD (Biology),

Postdoctoral Researcher, Department of Forest Mycology and Plant Pathology

e-mail: kateryna.davydenko@slu.se ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6077-8533>

Swedish University of Agricultural Sciences (SLU),
P.O. Box 7026, SE-750 07 Uppsala, Sweden

O. S. TRUSHCHENKO³,

Chief State Inspector of the Aquatic Bioresources Protection Department
“Fish Protection Patrol”

e-mail: oleksandr.trushchenko@student.karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-3147-4331>

Department of the State Agency for Land Reclamation, Fisheries
and Food Programs in Kharkiv Region,
21, Kosmichna Str., Office 916, Kharkiv, 61145, Ukraine

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF WATER QUALITY AND ICHTHYOFAUNA CONDITION OF THE PECHENIHY RESERVOIR

Purpose. To assess the quality of surface waters of the Pecheniyh Reservoir based on hydrochemical and microbiological indicators, as well as to determine the possible impact of the aquatic environment condition on the ichthyofauna of the reservoir.

Methods. Field, analytical for determining indicators of microbiological and chemical pollution of surface waters..

Results. Surface water samples were collected in autumn 2025 and spring 2026 at four monitoring sites within the Pechenihy Reservoir. The collected samples were analyzed for heavy metal concentrations (Mn, Fe, Cu, Cr, Pb, Cd) and total microbial count (TMC) using certified laboratory methods in accordance with current regulatory and methodological standards. The conducted studies revealed seasonal changes in the hydrochemical and microbiological condition of the Pechenihy Reservoir. In spring 2026, compared with autumn 2025, an increase in concentrations of most investigated heavy metals and higher total microbial count values were recorded. The highest exceedances of maximum allowable concentrations were detected for manganese and total iron. Local exceedances of standards for copper and cadmium were also observed in the area of Pechenihy settlement. The spatial distribution of pollutants indicated their accumulation in the lower part of the reservoir. A significant increase in total microbial count values in spring reflected elevated organic loading and intensified microbiological processes within the aquatic ecosystem. It was established that deterioration of water quality may create unfavorable conditions for fish habitation, contribute to the development of bacterial, parasitic, and fungal diseases, and negatively affect the physiological condition of ichthyofauna.

Conclusions. The ecological condition of the Pechenihy Reservoir is characterized by a moderate level of pollution with signs of increased anthropogenic pressure during the spring period. The greatest environmental threat is associated with elevated concentrations of manganese and iron, as well as increased total microbial count values. The obtained results indicate the necessity for systematic water quality monitoring and implementation of environmental protection measures aimed at reducing pollutant inputs into the reservoir.

KEYWORDS: *water body, surface waters, water pollution, water properties, hydrochemical indicators, microbiological indicators, biological monitoring, ecological assessment*

Conflict of Interest

The authors certify that, although individual authors of the article are members of the editorial board of this journal, the peer-review process, the publication decision, and the editing process were conducted independently, without their involvement or influence. Any potential conflicts of interest were fully mitigated through external control of the process. Furthermore, the author have fully adhered to ethical norms, including avoiding plagiarism, data falsification, and duplicate publication.

Authors Contribution: all authors have contributed equally to this work

AI Statement

Artificial intelligence technologies (ChatGPT) were used exclusively as an auxiliary tool for language editing and improving the presentation of scientific material. All scientific interpretations, analysis of results, and conclusions were performed by the authors independently.

References

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, 1027–1045. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2001\)011\[1027:WIACW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2001)011[1027:WIACW]2.0.CO;2)
2. Wada, Y., Graaf, I., Beek, L. (2014). High-Resolution Modeling of Human and Climate Impacts on Global Water Resources. *J. Adv. Model. Earth Syst.*, 6, 513–526. <https://doi.org/10.1002/2014MS000322>
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, 112151. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112151>
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, 3989. <https://doi.org/10.3390/w14233989>
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 Środowiska*, 10, 45–58. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/314952477_Monitoring_and_Quality_Assessment_of_the_Selected_Physical_and_Chemical_Parameters_of_the_Sola_River_System_South_Poland
7. INAG. (2009). Critérios Para a Classificação Do Estado Das Massas de Água Superficiais—Rios e Albufeiras. INAG: Lisboa, Portugal. Retrieved from <https://apambiente.pt/dqa/assets/crit%C3%A9rios-classific%C3%A7%C3%A3o-rios-e-albufeiras.pdf>

8. Simões, N.R., Nunes, A.H., Dias, J.D., Lansac-Tôha, 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, 3–17. <https://doi.org/10.1007/s10750-015-2260-y>
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, 179–196. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(99\)00091-3](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(99)00091-3)
10. Bhagowati, B., Ahamad, K. (2019). A Review on Lake Eutrophication Dynamics and Recent Developments in Lake Modeling. *Ecohydrol. Hydrobiol.*, 19, 155–166. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2018.03.002>
11. Bengtsson, L., Herschy, R.W., Fairbridge, R.W. (2012). Encyclopedia of Lakes and Reservoirs. Springer: Dordrecht, The Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4410-6>
12. Pinto, I., Rodrigues, S., Lage, O.M., Antunes, S.C. (2021). Assessment of Water Quality in Agueira Reservoir: Ecotoxicological Tools in Addition to the Water Framework Directive. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 208, 111583. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111583>
13. European Parliament. (2000). European Union Directive 2000/60/EC. Off. J. Eur. Communities., L327, 1–72. Retrieved from <http://data.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj>
14. García-Chicote, J., Armengol, X., Rojo, C. (2018). Zooplankton Abundance: A Neglected Key Element in the Evaluation of Reservoir Water Quality. *Limnologica*, 69, 46–54. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2017.12.006>
15. World Health Organization. (2024). Drinking-Water. Retrieved from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
16. Alhamlan, F.S., Al-Qahtani, A.A., Al-Ahdal, M.N. (2015). Recommended Advanced Techniques for Water-borne Pathogen Detection in Developing Countries. *J. Infect. Dev. Ctries.*, 9, 128–135. <https://doi.org/10.3855/jidc.6101>
17. 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. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02730>
18. 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, 101312. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101312>
19. Zhang, X.-H., He, X., Austin, B. (2020). *Vibrio harveyi*: A Serious Pathogen of Fish and Invertebrates in Mariculture. *Mar. Life Sci. Technol.*, 2, 231–245. <https://doi.org/10.1007/s42995-020-00037-z>
20. 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. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01844>
21. Krainiukov, O., Kryvytska, I., Demenko, A., Mukhina, O. (2023). Sensitivity Assessment of Ceriodaphnia affinis and Daphnia magna for the Determination of Ecological Water Quality Standards for Chemical Substances. XVII International Scientific Conference “Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment”, 2023, 1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023520137>
22. Water quality. Enumeration of cultured microorganisms. (2016). DSTU EN ISO 6222:2015. Kyiv: State Enterprise "UkrNDNTs". Retrieved from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=95726
23. 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, 173–187. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-12>

The article was received by the editors 08.04.2026
The article is recommended for printing 19.05.2026

The article was revised 10.05.2026
This article published 30.05.2026