

<https://doi.org/10.26565/1992-4224-2026-45-05>

УДК (UDC): 502.1:556:574.5(477)

О. А. КАРАЇМ¹, канд. екон. наук, доц.,
доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища
e-mail: olha.karaim@vnu.edu.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1722-4110>

О. О. БЕДУНКОВА, д-р біол. наук, проф.,
професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища
та лісового господарства
e-mail: o.o.biedunkova@nuwm.edu.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4356-4124>
Національний університет водного господарства та природокористування,
вул. Соборна, 11, м. Рівне, Рівненська область, 33000, Україна

О. О. ЦЬОСЬ¹, канд. с.-г. наук, доц.,
доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища
e-mail: oksana.tsos@vnu.edu.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9679-9413>

З. В. ЛАВРИНЮК¹, канд. хім. наук, доц.,
доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища
e-mail: lavrynyuk.zoryana@vnu.edu.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1906-3330>

¹*Волинський національний університет імені Лесі Українки,*
просп. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., 43025, Україна

ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РИБОГОСПОДАРСЬКИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ У АСПЕКТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ

Мета. Оцінювання екологічного стану рибогосподарських водних об'єктів у аспекті забезпечення екосистемних послуг на основі аналізу ключових гідрохімічних показників і визначення їх впливу на функціонування водних екосистем.

Методи. Аналітичні, розрахункові, порівняльні, гідрохімічний аналіз, методи екологічної класифікації для оцінки якості води рибогосподарських водних об'єктів.

Результати. Оцінено екологічний стан рибогосподарської технологічної водойми в аспекті забезпечення екосистемних послуг на основі аналізу ключових гідрохімічних показників. Визначено, що більшість досліджуваних параметрів відповідає II–III класам якості води, що характеризує загалом добрий і задовільний стан водного середовища. Підтримувальні екосистемні послуги реалізуються на високому та задовільному рівнях, що зумовлено стабільністю кислотно-лужного режиму та прийнятними умовами кисневого забезпечення. Регульовальні послуги, пов'язані з процесами самоочищення та кругообігу речовин, забезпечуються переважно на задовільному рівні, що відображає помірний рівень органічного навантаження. Забезпечувальні екосистемні послуги також характеризуються задовільним рівнем, що свідчить про збереження ресурсної придатності води для рибогосподарського використання. Водночас виявлено окремі відхилення, зокрема підвищений вміст заліза загального, які можуть впливати на умови функціонування водної екосистеми. Узагальнення результатів за блоковими показниками засвідчило перехідний характер якості води між добрим і задовільним станом.

Висновки. Оцінювання екологічного стану рибогосподарських водних об'єктів через призму екосистемних послуг дозволяє поєднати характеристики якості води з аналізом функціонування водної екосистеми. Рівень екологічного стану безпосередньо визначає ефективність реалізації підтримувальних, регульовальних і забезпечувальних екосистемних послуг, а окремі гідрохімічні показники можуть виступати чинниками, що обмежують їх повноцінне функціонування. Запропонований підхід створює можливість більш комплексної оцінки стану рибогосподарських водойм та може бути використаний для вдосконалення системи моніторингу і управління водними ресурсами з урахуванням екосистемного підходу та забезпечення сталого розвитку.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: екологічний стан, індикаторне оцінювання, якість води, рибогосподарські водні об'єкти, екосистемні послуги, сталий розвиток

Як цитувати: Караїм О. А., Бедункова О. О., Цьось О. О., Лавринюк З. В. Оцінювання екологічного стану рибогосподарських водних об'єктів у аспекті забезпечення екосистемних послуг. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології.* 2026. Вип. 45. С. 55–66. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2026-45-05>

© Караїм О. А., Бедункова О. О., Цьось О. О., Лавринюк З. В., 2026



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0

In cites: Karaim, O. A., Biedunkova, O. O., Tsos, O. O., Lavrynyuk, Z. V. (2026). Ecological status assessment of fishery water bodies in relation to ecosystem service provision. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, (45), 55-66. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2026-45-05> (in Ukrainian)

Вступ

Сучасна парадигма управління водними ресурсами дедалі більше орієнтується на інтеграцію екологічних, економічних і соціальних аспектів функціонування водних екосистем. У цьому контексті особливого значення набуває концепція екосистемних послуг, яка розглядає природні системи як джерело матеріальних і нематеріальних вигод для суспільства. Відповідно до підходів Оцінки екосистем тисячоліття [1, 2], екосистемні послуги охоплюють забезпечувальні, регулювальні, підтримувальні та культурні функції, що формують основу добробуту людини та сталого розвитку [3].

Рибогосподарські водні об'єкти, зокрема ставкові екосистеми, виконують широкий спектр екосистемних функцій, серед яких ключовими є підтримання біорізноманіття, формування кормової бази гідробіонтів, регуляція гідрохімічного режиму, а також забезпечення ресурсної бази рибного господарства. Їх екологічний стан безпосередньо визначає рівень реалізації цих функцій і, відповідно, обсяг та якість наданих екосистемних послуг. Погіршення якості води, порушення гідрологічного режиму, евтрофікація та надмірне антропогенне навантаження призводять до зниження продуктивності водних екосистем і втрати їх функціональної стійкості.

У сучасних наукових дослідженнях, зокрема в межах підходів IPBES, екологічний стан водних об'єктів розглядається не лише як характеристика якості середовища, але і як інтегральний показник здатності екосистем забезпечувати екосистемні послуги [4]. Такий підхід передбачає перехід від традиційної оцінки окремих гідрохімічних чи біологічних параметрів до комплексного аналізу функціонування екосистеми та її внеску у забезпечення суспільних потреб.

У зв'язку з цим актуальним є розроблення підходів до оцінювання екологічного стану рибогосподарських водних об'єктів з урахуванням їх здатності забезпечувати екосистемні послуги. Такий підхід дозволяє більш обґрунтовано оцінити функціональну цінність водних екосистем, визначити рівень їх деградації та сформулювати науково обґру-

товані рекомендації щодо їх збереження й відновлення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сучасні вітчизняні наукові праці із напрямку досліджуваної теми зосереджені переважно на оцінці якості води та екологічного стану рибогосподарських водойм. Зокрема, значна увага приділяється контролю гідрохімічних показників як базового інструменту забезпечення ефективного функціонування рибного господарства [5; 6; 7], а також оцінюванню структурних компонентів екосистем ставків і водойм рибогосподарського призначення [8]. У межах басейнового підходу досліджено вплив антропогенних чинників на водні екосистеми, що дозволяє визначити рівень трансформації їх природного стану та екологічну стійкість [9]. Методичну основу таких досліджень формують нормативні документи, зокрема методики екологічної оцінки якості поверхневих вод [10], а також законодавчі акти, що регулюють діяльність у сфері аквакультури та охорони водних біоресурсів [11–13].

Водночас міжнародні напрацювання демонструють значну кількість робіт присвячених дослідженню процесів очищення води в системах аквакультури, зокрема у штучних водно-болотних угіддях [14–19]. Також розглядаються сучасні технології очищення води у рибогосподарських ставках, зокрема із застосуванням фізико-хімічних методів, що сприяють зменшенню антропогенного навантаження на водні екосистеми [20]. Узагальнення сучасних підходів до функціонування аквакультури як складової екосистем представлено в оглядових роботах, де акцентується увага на взаємозв'язку між виробничими процесами, якістю води та екологічними наслідками [21]. Окремі дослідження підкреслюють роль біорізноманіття та трофічної структури у забезпеченні стабільності аквакультурних систем і підвищенні їх екологічної ефективності [22].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Попри значну кількість досліджень, більшість із них зосереджена на окремих аспектах функціонування водних екосистем – якості води, технологіях очищення або управлінні аквакультурою. Водно-

час питання інтеграції цих результатів у контексті оцінювання екологічного стану рибогосподарських водних об'єктів через призму екосистемних послуг залишається недостатньо розробленим. Зокрема, потребує подальшого дослідження встановлення взаємозв'язків між гідрохімічними показниками та здатністю водних екосистем забезпечувати регу-

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктом дослідження слугувала рибогосподарська технологічна водойма площею водного дзеркала 143,2258 га, яка знаходиться поблизу села Градиськ (за межами населених пунктів), Маневицької селищної громади, Камінь-Каширського району, Волинської області. Територія її розташування характеризується переважно рівнинним рельєфом, поширенням дерново-підзолистих ґрунтів, підвищеним рівнем зволоження та розвинутою мережею малих водотоків і меліоративних каналів. Досліджувана місцевість належить до поліської природної зони, що зумовлює специфіку гідрологічного режиму водойми, зокрема помірну інтенсивність водообміну, низький рівень мінералізації та достатню природну водозабезпеченість [23].

Рибогосподарський водний об'єкт функціонує як повносистемна аквакультурна екосистема, що забезпечує повний цикл вирощування риби – від відтворення і підрощування до нагулу та отримання товарної продукції. До складу господарства входить 22 ставки, серед яких 4 нагульні (близько 80 % площі), 2 вирощувальні, 7 зимувальних і 9 нерестових, що забезпечує ефективне управління популяційною структурою гідробіонтів і безперервність виробничого процесу.

Водопостачання має комбінований характер і здійснюється за рахунок річкового стоку, підземних вод та атмосферних опадів, що формує відносно стабільний гідрологічний режим. Проточність водойми та можливість регулювання водообміну створюють умови для підтримання оптимальних гідрохімічних параметрів. Тривалість наповнення ставків становить до 3 місяців, а повний цикл їх спуску – близько 20 діб. Скидання води зі ставків здійснюється у водоскидні канали, а далі – у річку Череваху, що забезпечує контрольований водообмін і мінімізацію негативного впливу на водотоки.

Система управління водообміном дозволяє регулювати гідравлічні характеристики, запобігати замуленню та зменшувати винесення завислих речовин і біогенних

лювальні, підтримувальні та забезпечувальні послуги.

Мета: оцінювання екологічного стану рибогосподарських водних об'єктів у аспекті забезпечення екосистемних послуг на основі аналізу ключових гідрохімічних показників і визначення їх впливу на функціонування водних екосистем.

елементів у приймальні водні об'єкти. Це є важливим чинником підтримання екологічної рівноваги водної системи.

Функціонування водойми визначається комплексом екологічних і технологічних чинників, серед яких ключовими є гідрохімічні показники (вміст розчиненого кисню, сполук азоту та фосфору, рН), трофічний стан і структура біоценозу. Рибопродуктивність істотно залежить від типу господарювання: за екстенсивної технології вона становить близько 500 кг/га, тоді як за інтенсивної – до 1400 кг/га, що відповідає умовам середнього рівня інтенсифікації [23].

Таким чином, рибогосподарський водний об'єкт є природно-антропогенною екосистемою, у якій поєднання гідрологічних, гідрохімічних і технологічних параметрів визначає рівень біопродуктивності та здатність забезпечувати екосистемні послуги, зокрема забезпечувальні, що проявляються у формуванні біопродукції (рибопродуктивності), регулювальні та підтримувальні.

Оцінювання екологічного стану рибогосподарської водойми здійснювалося на основі аналізу гідрохімічних показників із використанням порівняльного методу, що передбачає зіставлення фактичних концентрацій із гранично допустимими значеннями (ГДК). Такий підхід дозволяє визначити ступінь відповідності якості водного середовища вимогам функціонування водної екосистеми.

Методичний підхід включав:

- встановлення відповідності гідрохімічних показників нормативним значенням як базового критерію екологічного стану водойми;
- виявлення відхилень і потенційних джерел забруднення як чинників, що впливають на екосистемні процеси;
- оцінку якості води рибогосподарської водойми;
- визначення рівня реалізації екосистемних послуг на основі класів якості води;
- формування висновків щодо екологічного стану водойми та її функціональної здатності забезпечувати екосистемні послуги.

Екологічна оцінка якості води виконувалася за фізико-хімічними показниками відповідно до методики екологічної класифікації поверхневих вод [10]. У межах дослідження застосовано орієнтовний тип оцінювання, що базується на разових вимірюваннях індикаторів, які відображають поточний стан водної екосистеми та рівень реалізації її функцій.

Аналіз якості води проводився за трьома групами показників, кожна з яких характеризує окремі аспекти екосистемного функціонування:

1. Сольовий блок (Іс): хлориди, сульфати, сухий залишок – показники, що визначають рівень мінералізації та ресурсну придатність води, пов'язану із забезпечувальними екосистемними послугами.

2. Трофо-сапробіологічний блок (Іт-с): розчинений кисень, ХСК, БСК₅, амонійний азот, нітрити, нітрати, фосфати, рН – показники, що характеризують інтенсивність біогеохімічних процесів, кисневий режим і трофічний стан водойми, які визначають рівень реалізації підтримувальних і регулювальних екосистемних послуг.

3. Блок специфічних речовин токсичної та радіаційної дії (Іт): залізо загальне – показник якості водного середовища, що не є безпосереднім індикатором екосистемних послуг, але впливає на умови їх реалізації, зокрема через зміну фізіологічного стану гідробіонтів.

Визначено індекс сольового складу (Іс) та індекс трофо-сапробіологічних показників (Іт-с), які дозволяють узагальнити інформацію про стан водного середовища в межах відповідних функціональних блоків. Індекс специфічних показників (Іт) не розраховувався через обмежену кількість визначених індикаторів, однак значення заліза загального враховувалося при інтерпретації результатів як чинник, що може обмежувати екосистемні процеси.

Класифікація якості води здійснювалася за п'ятьма класами (I–V) та семи категоріями (1–7), що відображають ступінь її чистоти (забрудненості):

– I клас (категорія 1) відповідає водам відмінної якості – відмінні (В)/excellent (Е), що

характеризуються як дуже чисті (ДжЧ)/very clean (VС);

– II клас (категорії 2–3) охоплює води доброї якості: дуже добрі (ДД)/very good (VГ) та добрі (Д)/good (G), які за ступенем чистоти визначаються як чисті (Ч)/clean (С) або досить чисті (ДЧ)/fairly clean (FС);

– III клас (категорії 4–5) включає води задовільної якості: задовільні (З)/satisfactory (S) та посередні (Пс)/moderate (М), що відповідають слабо забрудненим (СЗ)/slightly polluted (SP) і помірно забрудненим (ПЗ)/moderately polluted (MP) водам;

– IV клас (категорія 6) представлений водами поганої якості – погані (П)/poor (P), які характеризуються як брудні (Б)/dirty (D);

– V клас (категорія 7) відповідає водам дуже поганої якості – дуже погані (ДП)/very poor (VP), що відносяться до дуже брудних (ДБ)/very dirty (VD) [10].

Оцінювання отриманих результатів здійснювалося через призму екосистемних послуг із урахуванням функціональної ролі гідрохімічних показників у водній екосистемі. Показники розглядалися як індикатори екосистемних процесів, що забезпечують формування відповідних послуг, або як чинники, що можуть обмежувати їх реалізацію. При цьому нормативні значення відображають належний рівень функціонування екосистеми, тоді як їх перевищення свідчить про порушення екосистемних процесів і зниження здатності водойми забезпечувати екосистемні послуги.

Відповідність між гідрохімічними показниками, екосистемними процесами та типами екосистемних послуг наведено в табл. 1.

Рівень забезпечення екосистемних послуг визначався шляхом співставлення класів якості води з градацією їх реалізації: I клас – високий рівень (В)/high level (H), II – добрий (Д)/good (G), III – задовільний (З)/satisfactory (S), IV – низький (Н)/low (L), V – дуже низький (ДН)/very low (VL). Такий підхід дозволяє інтегрувати результати гідрохімічного аналізу в оцінку функціонального стану водної екосистеми та її здатності забезпечувати екосистемні послуги.

Результати дослідження та обговорення

Результати оцінювання відповідності гідрохімічних показників нормативним значенням як базового критерію екологічного стану водойми свідчать про переважну відповідність

досліджуваних параметрів вимогам до водних об'єктів рибогосподарського призначення.

У 2025 році концентрації основних біогенних сполук перебували в межах допус-

Таблиця 1

Відповідність гідрохімічних показників екосистемним процесам і типам екосистемних послуг

Table 1

Correspondence of hydrochemical indicators to ecosystem processes and types of ecosystem services

Блок /Block	Показник /Indicator	Результат вимірювання /Measurement result	Екосистемний процес /Ecosystem process	Тип екосистемної послуги /Type of ecosystem service	Роль показника /Role of the indicator
Ic	Хлориди /Chlorides	13,87 мг/дм ³	Формування сольового складу води /Formation of the salt composition of water	Забезпечувальні /Provision	Індикатор придатності води /Water suitability indicator
	Сульфати /Sulfates	22 мг/дм ³	Сірчаний цикл, мінералізація /Sulfur cycle, mineralization	Забезпечувальні /Provision	Індикатор якості води /Water quality indicator
	Сухий залишок /Dry residue	230 мг/дм ³	Загальна мінералізація /General mineralization	Забезпечувальні /Provision	Індикатор ресурсної цінності /Resource value indicator
Iг-с	Розчинений кисень /Dissolved oxygen	6,44 мгО ₂ /дм ³	Дихання, окисно-відновні процеси /Respiration, redox processes	Підтримувальні /Supporting	Індикатор функціонування /Functioning indicator
	Хімічне споживання кисню /Chemical oxygen demand	18,3 мгО ₂ /дм ³	Окиснення органічних речовин /Oxidation of organic substances	Регулювальні /Regulating	Індикатор органічного навантаження /Organic load indicator
	БСК 5 /BOD 5	2,9 мгО ₂ /дм ³	Біохімічне розкладання органіки /Biochemical decomposition of organic matter	Регулювальні /Regulating	Індикатор інтенсивності самоочищення /Self-purification intensity indicator
	Азот амонійний /Ammonium nitrogen	0,304 мг/дм ³	Мінералізація органічної речовини /Mineralization of organic matter	Регулювальні /Regulating	Індикатор трансформації азоту /Nitrogen transformation indicator
	Нітрити /Nitrites	0,023 мг/дм ³	Проміжні стадії нітрифікації /Intermediate stages of nitrification	Регулювальні /Regulating	Індикатор порушення процесів /Process disturbance indicator
	Нітрати /Nitrates	0,4 мг/дм ³	Кінцева стадія нітрифікації /Final stage of nitrification	Регулювальні /Regulating	Індикатор трофічного стану /Trophic state indicator
	Фосфати /Phosphates	0,032 мг/дм ³	Фосфорний цикл, первинна продукція /Phosphorus cycle, primary production	Регулювальні /Regulating	Індикатор евтрофікації /Eutrophication indicator
	pH	7,4	Кислотно-лужний баланс /Acid-base balance	Підтримувальні /Supporting	Індикатор стабільності середовища /Environmental stability indicator
Iг	Залізо загальне /Total iron	0,56 мг/дм ³	Геохімічні процеси, надходження з ґрунтів /Geochemical processes, input from soils	—	Індикатор якості середовища та обмежувальний чинник /Environmental quality indicator and limiting factor

мих значень: азот амонійний – 0,304 мг/дм³, нітриту – 0,023 мг/дм³, нітрати – 0,4 мг/дм³. Показники кисневого режиму також відповідали нормативам: вміст розчиненого кисню становив 6,44 мг О₂/дм³, біохімічне споживання кисню (БСК₅) – 2,9 мг О₂/дм³, хімічне споживання кисню (ХСК) – 18,3 мг О₂/дм³.

Значення показників сольового складу залишалися низькими та відповідали характерним для прісних вод умовам: хлориди – 13,87 мг/дм³, сульфати – 22 мг/дм³, сухий залишок – 230 мг/дм³. Реакція середовища була близькою до нейтральної (рН – 7,4). Концентрація фосфатів також не перевищувала нормативних значень і становила 0,032 мг/дм³.

Водночас встановлено перевищення гранично допустимої концентрації для заліза загального, вміст якого у 2025 році досягав 0,56 мг/дм³ (ГДК – 0,1/фон).

Загалом отримані результати свідчать про відповідність більшості гідрохімічних показників нормативним вимогам, за винятком окремих специфічних компонентів, що потребують подальшого аналізу та врахування при оцінці екологічного стану водойми.

Для проведення орієнтовної екологічної оцінки разові значення окремих гідрохімічних показників порівнюють із відповідними критеріями якості води [10]. Визначені класи, категорії якості води та рівень забезпечення екосистемних послуг рибогосподарської водойми наведено в табл. 2.

Результати оцінювання якості води рибогосподарської технологічної водойми за екологічною класифікацією свідчать про неоднорідний рівень її екологічного стану в межах окремих функціональних блоків, що безпосередньо відображається на рівні забезпечення екосистемних послуг.

Показники сольового складу води характеризуються переважно задовільним рівнем якості. Зокрема, концентрації хлоридів та сульфатів відповідають III класу якості води, що свідчить про помірний рівень мінералізації та задовільний стан водного середовища. Це обумовлює задовільний рівень забезпечення забезпечувальних екосистемних послуг, пов'язаних із використанням води як ресурсу.

Водночас показник сухого залишку відповідає II класу якості, що характеризує воду як відносно чисту за ступенем мінералізації та забезпечує добрий рівень реалізації забезпечувальних послуг. Така різноспрямо-

ваність показників свідчить про загалом сприятливі, але неоднорідні умови формування сольового складу води.

Блоковий індекс сольового складу води (Ic) становить 3,87, що відповідає перехідній субкатегорії між третьою та четвертою категоріями якості води. Це свідчить про переважно задовільний стан водного середовища з тенденцією до покращення до доброго рівня. За ступенем чистоти вода характеризується переходом від слабко забрудненої до досить чистої, що визначає задовільний рівень забезпечення забезпечувальних екосистемних послуг, пов'язаних із ресурсною придатністю води для рибогосподарського використання.

Що стосується трофо-сапробіологічного блоку, то оцінка показників, які характеризують біогеохімічні процеси, свідчить про загалом задовільний стан водної екосистеми з окремими ознаками підвищеного органічного навантаження.

Показники кисневого режиму демонструють стабільний, але не оптимальний стан: розчинений кисень та БСК₅ відповідають III класу якості, що вказує на задовільний рівень підтримувальних і регулювальних екосистемних послуг. Водночас ХСК відповідає II класу, що свідчить про добру здатність екосистеми до окиснення органічних речовин.

Стан азотного циклу є відносно стабільним: концентрації амонійного азоту і нітриту відповідають III класу якості, що вказує на задовільний рівень трансформаційних процесів, тоді як нітрати відносяться до II класу, що свідчить про ефективне завершення процесів нітрифікації.

Концентрація фосфатів також відповідає II класу якості, що вказує на добрий рівень регулювальних послуг та відсутність виражених ознак евтрофікації. Значення рН відповідає I класу якості, що свідчить про високий рівень стабільності середовища та оптимальні умови для існування гідробіонтів. У цілому показники цього блоку відображають задовільний рівень реалізації підтримувальних і регулювальних екосистемних послуг, із локальними ознаками покращення окремих процесів.

Блоковий індекс трофо-сапробіологічних показників (It-c) становить 3,68, що відповідає перехідному положенню між третьою та четвертою категоріями якості води.

Таблиця 2

Класи, категорії якості води та рівень забезпечення екосистемних послуг
рибогосподарської водойми, 2025 р.

Table 2

Water quality classes, categories, and the level of ecosystem service provision
in a fishery water body, 2025

Блок / Block	Показник / Indicator	Результат вимірювання / Measurement result	Категорія якості води/ Уточнена категорія / Water quality category/ Refined category	Клас якості води /Water quality class	Назва класів і категорій якості вод за їх станом / Name of water quality classes and categories by their condition	Назва класів і категорій якості вод за ступенем їх чистоти / Name of water quality classes and categories by their degree of purity	Рівень забезпечення екосистемних послуг / Level of provision of ecosystem services
Іс	Хлориди /Chlorides	13,87 мг/дм ³	4/4,32	III	3/3/ S/S	3б/С3/ Pol/SP	3/S
	Сульфати /Sulfates	22 мг/дм ³	5/5,1	III	3/Пс/ S/M	3б/П3/ Pol/MP	3/S
	Сухий залишок /Dry residue	230 мг/дм ³	2/2,2	II	Д/ДД/ G/VG	Ч/Ч/ C/C	Д/G
Іт-с	Розчинений кисень /Dissolved oxygen	6,44 мгО ₂ /дм ³	4/4,38	III	3/3/ S/S	3б/С3/ Pol/SP	3/S
	Хімічне споживання кисню /Chemical oxygen demand	18,3 мгО ₂ /дм ³	3/3,26	II	Д/Д/ G/G	Ч/ДЧ/ C/FC	Д/G
	БСК 5 / BOD 5	2,9 мгО ₂ /дм ³	4/4,39	III	3/3/ S/S	3б/С3/ Pol/SP	3/S
	Азот амонійний /Ammonium nitrogen	0,304 мг/дм ³	4/4	III	3/3/ S/S	3б/С3/ Pol/SP	3/S
	Нітрити /Nitrites	0,023 мг/дм ³	5/5,07	III	3/Пс/ S/M	3б/П3/ Pol/MP	3/S
	Нітрати /Nitrates	0,4 мг/дм ³	3/3,47	II	Д/Д/ G/G	Ч/ДЧ/ C/FC	Д/G
	Фосфати /Phosphates	0,032 мг/дм ³	3/3,05	II	Д/Д/ G/G	Ч/ДЧ/ C/FC	Д/G
	pH	7,4	1/1,83	I	В/В/ E/E	ДжЧ/ДжЧ/ VC/VC	В/Н
Іт	Залізо загальне /Total iron	0,56 мг/дм ³	5/5,12	III	3/Пс/ S/M	3б/П3/ Pol/MP	3/S

Примітка/Note: Якість вод за їх станом та чистота/ water quality & degree of purity:

I – відмінні (В)/excellent (E), дуже чисті (ДжЧ)/very clean (VC);

II – дуже добрі (ДД)/very good (VG); добрі (Д)/good (G), чисті (Ч)/clean (C), досить чисті (ДЧ)/fairly clean (FC);

III – задовільні (З)/satisfactory (S); посередні (Пс)/moderate (M); слабо забрудненим (С3)/slightly polluted (SP), помірно забрудненим (ПЗ)/moderately polluted (MP) водам;

IV – погані (П)/poor (P), брудні (Б)/dirty (D); V – дуже погані (ДП)/very poor (VP), дуже брудних (ДБ)/very dirty (VD)

Рівень забезпечення екосистемних послуг / Level of provision of ecosystem services:

I – високий рівень (В)/high level (H), II – добрий (Д)/good (G), III – задовільний (З)/satisfactory (S),

IV – низький (Н)/low (L), V – дуже низький (ДН)/very low (VL).

Отримане значення відображає задовільний стан водної екосистеми з елементами доброго функціонування окремих процесів. За ступенем чистоти вода варіює від слабо забрудненої до досить чистої, що свідчить про задовільний рівень реалізації підтримувальних і регулювальних екосистемних послуг, зокрема процесів самоочищення та біогеохімічних трансформацій.

Дослідження показника блоку специфічних речовин, показує, що концентрація заліза загального відповідає III класу якості води, що свідчить про задовільний, але обмежений стан водного середовища. З огляду на те, що залізо є показником якості середовища, його підвищений вміст може виступати чинником, який обмежує ефективність реалізації екосистемних послуг, зокрема через потенційний вплив на фізіологічний стан гідробіонтів та прозорість води.

Таким чином, результати екологічної оцінки свідчать, що рибогосподарська водойма характеризується переважно II–III класами якості води, що відповідає доброму та задовільному рівням екологічного стану. Значення блокових індексів підтверджують перехідний характер якості водного середо-

вища – від задовільного до доброго, що відображає відносну стабільність гідрохімічного режиму за наявності окремих ознак антропогенного впливу.

Сольовий склад води формує задовільний рівень забезпечення забезпечувальних екосистемних послуг, що свідчить про збереження ресурсної придатності води для рибогосподарського використання. Водночас показники трофо-сапробіологічного блоку відображають задовільний рівень реалізації підтримувальних і регулювальних екосистемних послуг, зокрема процесів самоочищення, біогеохімічного кругообігу речовин та підтримання сприятливих умов існування гідробіонтів. Разом із тим, наявність підвищених концентрацій окремих компонентів, зокрема заліза загального, свідчить про локальні обмеження якості водного середовища, які можуть впливати на ефективність реалізації екосистемних послуг.

Рибогосподарська технологічна водойма функціонує як відносно стабільна водна екосистема з переважно задовільним рівнем екологічного стану та забезпечення екосистемних послуг, що дозволяє підтримувати її рибогосподарське використання



Рис. 1 – Концептуальна модель взаємозв'язку якості води, екосистемних процесів та екосистемних послуг у рибогосподарській водоймі

Fig. 1 – Conceptual model of the relationship between water quality, ecosystem processes, and ecosystem services in a fishery water body

за умови подальшого контролю гідрохімічних показників. Для відображення взаємозв'язку між гідрохімічними показниками, екосистемними процесами та екосистемними послугами у рибогосподарській водоймі запропоновано концептуальну модель (рис. 1), що відображає послідовність формування екологічного стану водного об'єкта – від гідрологічних умов і показників якості води до екосистемних процесів, що визначають рівень реалізації екосистемних послуг та ефективність рибогосподарського використання.

Запропонована модель демонструє, що гідрохімічні показники виступають ключовими індикаторами екосистемних процесів, зокрема кисневого режиму, трансформації біогенних елементів і процесів самоочи-

щення. Інтенсивність цих процесів безпосередньо визначає рівень реалізації підтримувальних, регулювальних і забезпечувальних екосистемних послуг. Водночас антропогенний вплив (господарська діяльність, надходження забруднюючих речовин, технологічні операції в аквакультури) може змінювати гідрохімічні параметри води, що призводить до порушення екосистемних процесів і зниження ефективності екосистемних послуг.

Таким чином, якість води є визначальним чинником функціонування рибогосподарської екосистеми, оскільки через сукупність взаємопов'язаних процесів вона впливає на біопродуктивність, якість рибної продукції та загальну ефективність рибогосподарського використання водойми.

Висновки

Застосовано комплексний підхід до оцінювання якості води, який передбачає врахування не лише гідрохімічних показників, а й здатності водної екосистеми забезпечувати екосистемні послуги. Гідрохімічні показники розглянуто як індикатори екосистемних процесів, зокрема самоочищення, біогеохімічного кругообігу речовин і підтримання умов існування гідробіонтів, що дозволяє більш повно охарактеризувати функціональний стан рибогосподарських водойм.

Отримані результати підтверджують, що екологічний стан водойми безпосередньо визначає рівень реалізації забезпечувальних, регулювальних і підтримувальних екосистемних послуг. При цьому навіть незначні відхилення окремих показників можуть виступати чинниками, що обмежують ефективність функціонування екосистеми, що особливо важливо враховувати в умовах рибогосподарського використання водних об'єктів.

Застосування блокового підходу до аналізу гідрохімічних показників у поєднанні з екологічною класифікацією якості води дозволило комплексно охарактеризувати стан водойми, виявити як загальні закономірності її функціонування, так і окремі чинники, що потребують контролю. Такий підхід є зручним для практичного використання, оскільки забезпечує можливість інтерпретації результатів не лише з позицій якості води, а й через їх значення для функціонування екосистеми.

У цілому запропонована методика оцінювання може бути використана як інструмент для вдосконалення управління рибогосподарськими водними об'єктами, зокрема для своєчасного виявлення потенційних екологічних ризиків, обґрунтування природоохоронних заходів і підтримання сталого функціонування водних екосистем.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. 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

В роботі не використано ресурс штучного інтелекту.

Список використаної літератури

1. MAWeb.org. Ecosystems. URL: <https://maweb.org/ecosystems/>
2. Millennium Ecosystem Assessment. Overview of the Millennium Ecosystem Assessment. URL: <https://www.millenniumassessment.org/en/About.html>
3. Remme, R. P., Meacham, M., Pellowe, K. E., Andersson, E., Guerry, A. D., Janke, B., Liu, L., Lonsdorf, E., Li, M., Mao, Y., Nootenboom, C., Wu, T., & van Oudenhoven, A. P. E. Aligning nature-based solutions with

- ecosystem services in the urban century. *Ecosystem Services*. 2024. Vol. 66. Article 101610. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.101610>
4. IPBES. Global assessment report on biodiversity and ecosystem services. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. URL: <https://www.ipbes.net/global-assessment>
 5. Відділ рибальства та аквакультури (NFI). Продовольча та сільськогосподарська організація об'єднаних націй (FAO). *Офіційний сайт*. URL: <https://www.fao.org/fishery-divisional-structure/en>
 6. Галімова В. М., Калька Н. Т. Контроль якості води для ведення рибного господарства. *In The IV International Science Conference «Actual problems of practice and science»*. 2021, Ankara, Turkey. P. 19.
 7. Інститут рибного господарства НААН. Офіційний сайт. URL: <https://if.org.ua/index.php/uk/>
 8. Домбровський К. О., Єременко Т. С. Оцінка компонентів екосистеми ставка рибогосподарського призначення. *Екологічні науки*. 2023. № 6(51). С. 39–43. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.6-51.6>
 9. Караїм О. А., Караїм В. П., Бедункова О. О., Лавринюк З. В., Джам О. А. Оцінка антропогенного впливу в аспекті басейнового екологічного управління. *Вісник НУБГП. Сільськогосподарські науки* 2024. Вип. 1 (105). С. 97–119. <https://doi.org/10.31713/vs120247>
 10. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. А. В. Гриценко, О. Г. Васенко, Г. А. Верніченко та ін. Х.:УкрНДІЕП. 2012. 37 с.
 11. Про аквакультуру. Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5293-17#Text> (дата звернення 01.02.2026).
 12. Про затвердження Методичних рекомендацій з розроблення нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти із зворотними водами. Наказ Міндовкілля № 173 від 05.03.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0173926-21#Text> (дата звернення 01.02.2026).
 13. Про рибне господарство, промислове рибальство та охорону водних біоресурсів. Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3677-17#Text> (дата звернення 01.02.2026)
 14. Deng Y, Zou M, Liu W et al. Antibiotic removal and microbial response mechanism in constructed wetlands treating aquaculture wastewater containing veterinary drugs. *J Clean Prod*. 2023. Vol. 394. Article 136271. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136271>
 15. Han Z., Guo N., Yan H. et al. Recovery of phosphate, magnesium and ammonium from eutrophic water by struvite biomineralization through free and immobilized *Bacillus cereus* MRR2. *J Clean Prod*. 2021. Vol. 320. Article 128796. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128796>
 16. Huang J., Xiao Y., Chen B. Nutrients removal by *Olivibacter jilunii* immobilized on activated carbon for aquaculture wastewater treatment: ppk1 gene and bacterial community structure. *Bioresour Technol*. 2023. Vol. 370. Article 128494. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.128494>
 17. Iber B. T., Okomoda V. T., Rozaimah S. A., Kasan N. A. Eco-friendly approaches to aquaculture wastewater treatment: assessment of natural coagulants vis-a-vis chitosan. *Bioresour Technol Rep*. 2021. Vol. 15. Article 100702. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2021.100702>
 18. Kang W., Li L., Wu S. et al. Development of a scalable electrochemical filter for removing nitrate from recirculating aquaculture saltwater. *J Clean Prod*. 2023. Vol. 391. Article 136069. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136069>
 19. Kurniawan S. B., Imron M.F., Abdullah S.R.S. et al. Coagulation–flocculation of aquaculture effluent using biobased flocculant: from artificial to real wastewater optimization by response surface methodology. *J Water Process Eng*. 2023. Vol. 53. Article 103869. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.103869>
 20. Tan W. K., Cheah S. C., Parthasarathy S. et al. Fish pond water treatment using ultrasonic cavitation and advanced oxidation processes. *Chemosphere*. 2021. Vol. 274. Article 129702. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129702>
 21. Kashem A. H. M., Das P., Hawari A. H. et al. Aquaculture from inland fish cultivation to wastewater treatment: a review. *Rev Environ Sci Biotechnol*. 2023. Vol. 22. P. 969–1008. <https://doi.org/10.1007/s11157-023-09672-1>
 22. Thomas M., Pasquet A., Aubin J. et al. When more is more: taking advantage of species diversity to move towards sustainable aquaculture. *Biol Rev*. 2021. Vol. 96. P. 767–784. <https://doi.org/10.1111/brv.12677>
 23. Паспорт рибогосподарської технологічної водойми орендаря Дарчука Артема Миколайовича загальною площею водного дзеркала 143,2258 га, розташованої на території Новорудської сільської ради Манастицького району Волинської області за межами населених пунктів. Луцьк, 2019. 126 с.

Отримано:03.03.2026 / Переглянуто: 04.04.2026 / Прийнято: 10.04.2026 / Опубліковано:30.05.2026

O. A. KARAIM, PhD (Economics), Associate Prof.,
Associate Professor of the Department of Ecology and Protection of Environment,
e-mail: olha.karaim@vnu.edu.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1722-4110>
Lesya Ukrainka Volyn National University,
13 Voli Ave., Lutsk, Volyn region, 43025, Ukraine

O. O. BIEDUNKOVA, DSc (Biology), Prof.,
Professor of the Department of Ecology, Environmental Protection Technologies and Forestry,
e-mail: o.o.biedunkova@nuwm.edu.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4356-4124>
National University of Water and Environmental Engineering,
11 Soborna St., Rivne, 33000, Ukraine

O. O. TSOS, PhD (Agricultural Sciences), Associate Prof.,
Associate Professor of the Department of Ecology and Protection of Environment,
e-mail: oksana.tsos@vnu.edu.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9679-9413>
Lesya Ukrainka Volyn National University,
13 Voli Ave., Lutsk, Volyn region, 43025, Ukraine

Z. V. LAVRYNYUK, PhD (Chemistry), Associate Prof.,
Associate Professor of the Department of Ecology and Protection of Environment,
e-mail: lavrynyuk.zoryana@vnu.edu.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1906-3330>
Lesya Ukrainka Volyn National University,
13 Voli Ave., Lutsk, Volyn region, 43025, Ukraine

ECOLOGICAL STATUS ASSESSMENT OF FISHERY WATER BODIES IN RELATION TO ECOSYSTEM SERVICE PROVISION

Purpose. To assess the ecological status of fishery water bodies in the context of ecosystem service provision based on the analysis of key hydrochemical indicators and determination of their influence on the functioning of aquatic ecosystems.

Methods. Analytical, computational, and comparative methods, hydrochemical analysis, and ecological classification methods for assessing water quality in fishery water bodies.

Results. The ecological status of a fishery technological water body was assessed in the context of ecosystem service provision based on the analysis of key hydrochemical indicators. It was found that most of the studied parameters correspond to water quality classes II–III, indicating an overall good to satisfactory condition of the aquatic environment. Supporting ecosystem services are realized at high and satisfactory levels due to the stability of the acid–base regime and adequate oxygen conditions. Regulating services related to self-purification processes and nutrient cycling are predominantly provided at a satisfactory level, reflecting a moderate level of organic loading. Provisioning ecosystem services are also characterized by a satisfactory level, indicating the preservation of water suitability for fishery use. At the same time, certain deviations were identified, particularly elevated concentrations of total iron, which may affect the functioning of the aquatic ecosystem. The generalization of results based on block indices revealed a transitional character of water quality between good and satisfactory conditions.

Conclusions. Assessing the ecological status of fishery water bodies through the lens of ecosystem services enables the integration of water quality characteristics with the analysis of ecosystem functioning. The ecological status directly determines the effectiveness of supporting, regulating, and provisioning ecosystem services, while certain hydrochemical indicators may act as limiting factors for their full realization. The proposed approach provides an opportunity for a more comprehensive assessment of fishery water bodies and can be used to improve monitoring systems and water resource management based on the ecosystem approach and principles of sustainable development.

KEYWORDS: *ecological status, water quality, fishery water bodies, ecosystem services, sustainable development*

Conflict of interest

The authors declare that there are no conflicts of interest in the publication of this manuscript. In addition, the authors fully complied with ethical standards, including plagiarism, data falsification, and double publication.

Authors Contribution: all authors have contributed equally to this work.

AI Statement

In this study, generative artificial intelligence was not used.

References

1. MAWeb.org. Ecosystems. Retrieved from <https://maweb.org/ecosystems/>
2. Millennium Ecosystem Assessment. (n.d.). Overview of the Millennium Ecosystem Assessment. Retrieved from <https://www.millenniumassessment.org/en/About.html>
3. Remme, R. P., Meacham, M., Pellowe, K. E., Andersson, E., Guerry, A. D., Janke, B., Liu, L., Lonsdorf, E., Li, M., Mao, Y., Nootenboom, C., Wu, T., & van Oudenhoven, A. P. E. (2024). Aligning nature-based solutions with ecosystem services in the urban century. *Ecosystem Services*, 66, 101610. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.101610>
4. IPBES. Global assessment report on biodiversity and ecosystem services. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Retrieved from <https://www.ipbes.net/global-assessment>
5. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Fisheries and aquaculture division. Retrieved from <https://www.fao.org/fishery-divisional-structure/en>
6. Halimova, V. M., & Kalka, N. T. (2021). Water quality control for fish farming *Proceedings of the IV International Science Conference "Actual problems of practice and science"* (p. 19). Ankara, Turkey.
7. Institute of Fisheries of the NAAS. Retrieved from <https://if.org.ua/index.php/uk/> (in Ukrainian).
8. Dombrovskiy, K. O., & Yeremenko, T. S. (2023). Assessment of ecosystem components of a fishery pond. *Ecological Sciences*, 6–51, 39–43. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.6-51.6> (in Ukrainian).
9. Karaim, O. A., Karaim, V. P., Biedunkova, O. O., Lavryniuk, Z. V., & Dzham, O. A. (2024). Evaluation of anthropogenic impact in the aspect of basin ecological management. *Bulletin of the National University of Water and Environmental Engineering. (Agricultural Sciences Series)*, 1(105), 97–119. <https://doi.org/10.31713/vs120247> (in Ukrainian).
10. Hrytsenko, A. V., Vasenko, O. H., Vernichenko, H. A. (2012). Methodology for ecological assessment of surface water quality by relevant categories. UkrNDIEP. (in Ukrainian).
11. On aquaculture. (2012). Law of Ukraine. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5293-17#Text> (in Ukrainian).
12. On approval of Methodological recommendations for the development of standards for maximum permissible discharge of pollutants into water bodies with return waters. Order of the Ministry of Environment No. 173 of 05.03.2021. (2021). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0173926-21#Text> (in Ukrainian).
13. On fisheries, industrial fishing and protection of aquatic biological resources. (2011). Law of Ukraine Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3677-17#Text> (in Ukrainian).
14. Deng, Y., Zou, M., Liu, W., et al. (2023). Antibiotic removal and microbial response mechanism in constructed wetlands treating aquaculture wastewater containing veterinary drugs. *Journal of Cleaner Production*, 394, 136271. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136271>
15. Han, Z., Guo, N., Yan, H., et al. (2021). Recovery of phosphate, magnesium and ammonium from eutrophic water by struvite biomineralization through free and immobilized *Bacillus cereus* MRR2. *Journal of Cleaner Production*, 320, 128796. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128796>
16. Huang, J., Xiao, Y., & Chen, B. (2023). Nutrients removal by *Olivibacter jilunii* immobilized on activated carbon for aquaculture wastewater treatment: ppk1 gene and bacterial community structure. *Bioresource Technology*, 370, 128494. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.128494>
17. Iber, B. T., Okomoda, V. T., Rozaimah, S. A., & Kasan, N. A. (2021). Eco-friendly approaches to aquaculture wastewater treatment: Assessment of natural coagulants vis-à-vis chitosan. *Bioresource Technology Reports*, 15, 100702. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2021.100702>
18. Kang, W., Li, L., Wu, S., et al. (2023). Development of a scalable electrochemical filter for removing nitrate from recirculating aquaculture saltwater. *Journal of Cleaner Production*, 391, 136069. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136069>
19. Kurniawan, S. B., Imron, M. F., Abdullah, S. R. S., et al. (2023). Coagulation–flocculation of aquaculture effluent using biobased flocculant: From artificial to real wastewater optimization by response surface methodology. *Journal of Water Process Engineering*, 53, 103869. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.103869>
20. Tan, W. K., Cheah, S. C., Parthasarathy, S., et al. (2021). Fish pond water treatment using ultrasonic cavitation and advanced oxidation processes. *Chemosphere*, 274, 129702. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129702>
21. Kashem, A. H. M., Das, P., Hawari, A. H., et al. (2023). Aquaculture from inland fish cultivation to wastewater treatment: A review. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 22, 969–1008. <https://doi.org/10.1007/s11157-023-09672-1>
22. Thomas, M., Pasquet, A., Aubin, J., et al. (2021). When more is more: Taking advantage of species diversity to move towards sustainable aquaculture. *Biological Reviews*, 96, 767–784. <https://doi.org/10.1111/brv.12677>
23. Passport of a fishery technological reservoir (143.2258 ha) (2019). Lutsk. (in Ukrainian)

Submission received: 03.03.2026 / Revised: 04.04.2026 / Accepted: 10.04.2026 / Published: 30.05.2026