

<https://doi.org/10.26565/1992-4259-2026-34-05>

УДК: 502.1:556]:574.5(477)

О. А. КАРАЇМ, 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>;
Волинський національний університет імені Лесі Українки,
просп. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., 43025, Україна

ІНДИКАТОРНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ ПРИКОРДОННОЇ ДІЛЯНКИ РІЧКИ СТИР НА ОСНОВІ ГІДРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ВОДИ

Мета. Апробація індикаторного підходу до оцінювання екосистемних послуг прикордонної ділянки річки Стир на основі показників якості води.

Методи. Аналітичні, гіdroхімічний аналіз, методи екологічної класифікації для оцінки якості поверхневих вод.

Результати. Здійснено індикаторне оцінювання екосистемних послуг прикордонної ділянки річки Стир на основі аналізу гіdroхімічних показників якості води за 2021–2025 рр. Встановлено, що за середньорічними значеннями більшість показників відповідає I–III класам якості, що характеризує загалом задовільний стан водного середовища. Визначено, що підтримувальні екосистемні послуги реалізуються на високому та доброму рівнях, тоді як регульовальні та забезпечувальні – переважно на задовільному рівні. Водночас зафіксовано систематичні перевищення за окремими індикаторами, передусім сполуками азоту та органічними речовинами, що свідчить про наявність антропогенного навантаження та зниження ефективності регульовальних функцій екосистеми. Аналіз динаміки показників виявив тенденцію до зростання концентрацій амоній-іонів і наявність епізодичних пікових значень, що відображає нестабільність процесів самоочищення. Для показника БСК₅ встановлено тенденцію до зниження, що свідчить про часткове покращення стану окремих екосистемних функцій. Оцінювання за блоковими індексами показало, що за середніми значеннями якості води відповідає III класу (задовільні, помірно забруднені води), тоді як за найгіршими показниками вона переходить до IV–V класів (погані та дуже погані, брудні та дуже брудні води), що вказує на значну варіабельність стану водної екосистеми.

Висновки. Застосування індикаторного підходу до оцінювання екосистемних послуг річки Стир дало змогу інтегрувати гіdroхімічні показники якості води в оцінювання функціональних характеристик річкової екосистеми. Нерівномірність реалізації екосистемних послуг: за загалом задовільного середнього стану фіксуються періоди погіршення їх рівня, що свідчить про вразливість екосистеми до антропогенного навантаження. Використання показників якості води дозволяє кількісно інтерпретувати рівень реалізації регульовальних, підтримувальних і забезпечувальних екосистемних послуг. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення підходів до оцінювання та управління водними ресурсами у транскордонних річкових системах.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: індикаторне оцінювання, якість води, транскордонна річка, екосистемні послуги, сталий розвиток

Як цитувати: Караїм О. А. Індикаторне оцінювання екосистемних послуг прикордонної ділянки річки Стир на основі гіdroхімічних показників якості води. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. 2026. Вип. 34. С. 66–78. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2026-34-05>

In cites: Karaim, O. A. (2026). Indicator-based assessment of ecosystem services in the transboundary section of the Styr River based on hydrochemical water quality indicators. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series Ecology*, (34), 66–78. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2026-34-05> (in Ukrainian)

Вступ

У сучасних умовах посилення антропогенного навантаження на водні ресурси особливої актуальності набуває оцінювання стану річкових екосистем через призму їх здатності забезпечувати екосистемні послуги. Річкові

системи виконують комплекс регульовальних, забезпечувальних, підтримувальних і культурних функцій, що формують основу екологічної безпеки та соціально-економічного розвитку територій. Водночас деградація якості

води, трансформація руслових і заплавних екосистем, а також інтенсифікація господарської діяльності знижують ефективність надання цих послуг, що потребує впровадження сучасних підходів до їх кількісного оцінювання. Особливого значення ця проблема набуває для транскордонних річкових систем, де екологічний стан формується під впливом як внутрішніх, так і зовнішніх чинників. Прикордонні ділянки річок характеризуються складною структурою управління, відмінностями у природокористуванні та екологічній політиці суміжних держав, що ускладнює забезпечення узгодженого моніторингу та охорони водних ресурсів.

Одним із підходів до оцінювання екосистемних послуг є індикаторний підхід, який передбачає використання системи кількісних показників для відображення стану екосистем і рівня реалізації їх функцій. У цьому аспекті показники якості води набувають ключового значення, оскільки інтегрують вплив природних і антропогенних чинників та безпосередньо відображають здатність водних екосистем до самоочищення, підтримки біорізноманіття та забезпечення їх належної якості. Гідрохімічні та гідробіологічні параметри, такі як вміст розчиненого кисню, біохімічне споживання кисню, концентрації біогенних елементів і завислих речовин, можуть бути інтерпретовані як індикатори відповідних екосистемних послуг.

Проблематика екологічного стану водних об'єктів, зокрема, річки Стир, широко представлена у працях вітчизняних та зарубіжних вчених. Основна увага українських дослідників зосереджена на гідрохімічній оцінці якості води та аналізі антропогенного навантаження. Так, у роботі О. Караїм та співавторів [1] обґрунтовано підходи до басейнового екологічного управління, що дозволяють комплексно враховувати вплив господарської діяльності. Дослідження В. Копилова та В. Поповича [2] присвячене вмісту важких металів у воді та прибережних едафотоплах, що відображає рівень техногенного забруднення. У роботі П. Кузнецова та О. Бедункової [3] проаналізовано просторово-часові зміни вмісту органічних речовин у воді, а І. Нетробчук та співавтори [4] досліджують вплив господарської діяльності на стан басейну річки Стир, підкреслюючи комплексний характер антропогенного

тиску. Окремі дослідження спрямовані на вдосконалення підходів до оцінювання якості води та інтерпретації гідрохімічних показників, так у роботі О. Бедункової та співавторів [5] визначено референтні гідрохімічні умови для річок Західної України, що створює основу для порівняльної оцінки їх стану. У працях І. Ковальчука [6] та О. Мітрянської [7] продемонстровано застосування індикаторів якості води для екологічної оцінки річкових систем у транскордонному контексті.

У зарубіжних дослідженнях акцент зміщується у бік інтегрованого управління водними ресурсами та врахування складності транскордонних водних систем. Зокрема, у роботі М. Фаріда Ахмеда та співавторів [8] підкреслено роль інтегрованого управління річковими басейнами як основи сталого розвитку, тоді як М. Каземі та співавтори [9] розглядають особливості розподілу водних ресурсів у транскордонних басейнах з урахуванням гідрополітичних чинників. Дослідження Сахани Мекебуб, Далі та Ліндлі [10] акцентує увагу на глобальних диспропорціях у вивченні транскордонних річок та їх впливі на ефективність управління. Окремий напрям становлять роботи, присвячені ролі біорізноманіття у функціонуванні водних екосистем, зокрема, Л. Томадон [11] та П. Томінгас [12] зі співавторами підкреслюють значення біотичних компонентів для підтримання екологічної стійкості водних систем.

Водночас у міжнародному науковому дискурсі поширення набуває підхід до аналізу водних екосистем через концепцію екосистемних послуг. Так, дослідження А. Хосровян [13] акцентує увагу на взаємозв'язку біорізноманіття та екосистемних послуг, тоді як Р. Ремме [14] розглядає можливості інтеграції природоорієнтованих рішень у систему управління ними. У праці М. Соуса [15] узагальнено сучасні підходи до оцінювання екосистемних послуг з урахуванням регульовальних, підтримувальних і культурних функцій річкових систем.

Незважаючи на значну кількість досліджень, присвячених оцінці якості поверхневих вод, питання інтеграції цих показників у систему оцінювання екосистемних послуг транскордонних річок залишається недостатньо розробленим. Особливо це стосується малих і середніх річок, для яких характерна

підвищена чутливість до локальних джерел забруднення та змін у землекористуванні.

Метою роботи є апробація індикаторного підходу до оцінювання екосистемних послуг прикордонної ділянки річки Стир на

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктом дослідження виступає процес формування, просторової диференціації та трансформації екосистемних послуг прикордонної ділянки річки Стир.

Методологічну основу дослідження становить індикаторний підхід до оцінювання екосистемних послуг прикордонної ділянки річки Стир, який передбачає використання показників якості води як індикаторів функціонування річкової екосистеми.

Оцінювання якості води здійснювалося шляхом порівняння фактичних концентрацій гідрохімічних показників із встановленими нормативами для поверхневих вод (ГДК), а також аналізу їх часової динаміки. Такий підхід дозволив визначити рівень відповідності водного середовища екологічним стандартам та виявити тенденції зміни стану річкової екосистеми.

Загальна схема дослідження включала послідовні етапи:

- встановлення відповідності показників якості води нормативним значенням;
- ідентифікацію відхилень та аналіз можливих джерел антропогенного впливу;
- класифікацію якості води за екологічними категоріями;
- інтерпретацію отриманих результатів у контексті екосистемних послуг (регульовальних, підтримувальних, забезпечувальних);
- формування висновків щодо стану екосистемних послуг та розробку рекомендацій для сталого управління водними ресурсами.

Методика дослідження базується на орієнтовній екологічній оцінці якості поверхневих вод, що передбачає використання репрезентативного набору гідрохімічних індикаторів, які найбільш повно відображають сучасний екологічний стан водного об'єкта. До таких індикаторів віднесено: вміст розчиненого кисню, біохімічне споживання кисню (БСК₅), завислі речовини, концентрації амонійного, нітритного та нітратного азоту, загального азоту, фосфатів, сульфатів і хлоридів [16, 17].

Оцінювання здійснювалося за двома функціональними блоками показників: сольовим (Іс) та трофо-сапробіологічним (Іт-с). Сольовий блок включав показники мінералі-

зації води (хлориди, сульфати). Трофо-сапробіологічний блок охоплював показники кисневого режиму, вмісту біогенних елементів і органічних речовин (БСК₅, азотні та фосфорні сполуки, завислі речовини).

На основі порівняння фактичних значень показників із нормативними критеріями визначалися класи та категорії якості води відповідно до екологічної класифікації. Для підвищення точності оцінювання застосовано розрахунок уточненого значення категорії якості води, що визначалося за формулою:

$$K_y = K + (A_c - K_{\min}) / (K_{\max} - K_{\min}) \quad (1)$$

Де K_y – уточнене значення категорії якості води; K – номер категорії; A_c – фактичне значення показника; $K_{\min}$ і $K_{\max}$ – межі відповідного інтервалу категорії [16; 17].

У дослідженні використано екологічну класифікацію якості вод, яка передбачає поділ на п'ять класів (I–V) та сім категорій (1–7) залежно від екологічного стану і ступеня чистоти (забрудненості).

I клас (категорія 1) відповідає водам відмінної якості – відмінні (В), що характеризуються як дуже чисті (ДЧ).

II клас (категорії 2–3) охоплює води доброї якості: дуже добрі (ДД) та добрі (Д), які за ступенем чистоти визначаються як чисті (Ч) або досить чисті (ДЧ).

III клас (категорії 4–5) включає води задовільної якості: задовільні (З) та посередні (Пс), що відповідають слабо забрудненим (СЗ) і помірно забрудненим (ПЗ) водам.

IV клас (категорія 6) представлений водами поганої якості – погані (П), які характеризуються як брудні (Б).

V клас (категорія 7) відповідає водам дуже поганої якості – дуже погані (ДП), що відносяться до дуже брудних (ДБ) [6; 16; 17].

Визначення типу екосистемної послуги здійснювалося на основі функціональної ролі відповідних гідрохімічних показників у підтриманні екологічного стану водної екосистеми. Зокрема, показники кисневого режиму (розчинений кисень) та вміст завислих речовин віднесено до допоміжних (підтримувальних) екосистемних послуг (ДП), оскільки вони визначають умови існування гідро-

біонтів, прозорість води та стабільність середовища. Сполуки азоту (амоній, нітроти, нітрати, загальний азот), фосфору (фосфати) та органічні речовини (БСК₅) віднесено до регулювальних послуг (РП), оскільки вони характеризують інтенсивність біогеохімічних процесів, рівень евтрофікації та здатність водної екосистеми до самоочищення. Показники сольового складу (хлориди, сульфати) віднесено до забезпечувальних екосистемних послуг (ЗП), оскільки вони визначають придатність води для господарського використання та її ресурсну цінність [14, 18, 19].

Рівень забезпечення екосистемних послуг визначався шляхом інтерпретації класів якості води відповідно до екологічної

класифікації: I клас – високий рівень (В),
II – добрий (Д),
III – задовільний (З),
IV – низький (Н),
V – дуже низький (ДН).

Такий підхід дозволяє співставити кількісні гідрохімічні показники з функціональними характеристиками річкової екосистеми та оцінити рівень забезпечення екосистемних послуг.

Таким чином, використаний методичний підхід забезпечує зв'язок між гідрохімічними характеристиками води та функціонуванням екосистемних послуг, що дозволяє здійснити науково обґрунтоване оцінювання стану прикордонної ділянки річки Стир.

Результати та обговорення

Стир – транскордонна річка басейну Дніпра, права притока Прип'яті, що протікає територією України (Львівська, Волинська, Рівненська області) та Білорусі. Її витoki розташовані поблизу села Пониква Львівської області. Довжина Стиру становить 483 км, площа басейну – 13 130 км², середній похил русла – 0,20 м/км. Долина річки має переважно трапецієподібну форму, місцями з нечітко окресленими контурами. Її схили висотою 5–15 м є більш крутими у верхній і середній течіях. Заплава здебільшого двостороння, із середньою шириною 0,7–1,0 км. Русло у верхній та середній частинах характеризується значною звивистістю, що відображає особливості морфологічної будови річки [20, 21].

Оцінювання екосистемних послуг прикордонної ділянки річки Стир здійснено на основі аналізу показників якості води як ключових індикаторів функціонування річкової еко-

системи за період 2021–2025 рр. з урахуванням гранично допустимих концентрацій (ОБУВ). Інформаційною базою дослідження слугували дані моніторингового поста спостережень (смт Зарічне) [22].

У межах дослідження проаналізовано репрезентативний набір гідрохімічних показників (амоній-іони, БСК₅, завислі речовини, розчинений кисень, нітрати, нітроти, сульфати, фосфати, хлориди), які інтерпретуються як індикатори регулювальних, підтримувальних і забезпечувальних екосистемних послуг. Розраховані середньорічні значення показників, що відображають стан водного середовища та рівень реалізації екосистемних функцій, наведено в табл. 1.

Аналіз показників якості води, засвідчив, що упродовж 2021–2025 рр. найбільш критичним параметром є концентрація амоній-іонів. Якщо у 2021 р. їх середньорічне

Таблиця 1

Якість поверхневих вод річки Стир за середньорічними показниками*

Table 1

Surface Water Quality of the Styr River Based on Annual Average Indicators

Рік	Азот загальний	Амоній-іони	БСК ₅	Завислі речовини	Розчинений кисень	Нітрати	Нітроти	Сульфати	Фосфати	Хлориди
2021	0.47	0.38	3.11	4.7	7.84	1.07	0.07	28	0.08	24.28
2022	0.92	0.62	3.09	3.85	7.55	1.40	0.05	25.3	0.14	23.29
2023	0.83	0.55	2.58	3.77	8.02	1.18	0.05	22.79	0.10	25.17
2024	1.09	0.88	2.69	2.79	9.08	1.37	0.07	23.72	0.19	22.45
2025	0.85	0.69	2.44	3.18	10.15	1.15	0.05	22.72	0.11	24.24
ГДК		0,5	3	15	He < 4	40	0,08	100	2,15	300

*Джерело: розраховано автором за даними [22].

значення ($0,38 \text{ мг/дм}^3$) відповідало нормативним вимогам, то впродовж 2022–2025 рр. фіксується стійке перевищення ГДК ($0,55$ – $0,88 \text{ мг/дм}^3$), що свідчить про зниження здатності екосистеми до самоочищення та погіршення регулювальних функцій (рис. 1).

Поліноміальний тренд ($R^2 = 0,686$) відображає загальну висхідну динаміку з максимумом у 2024 р., що свідчить про накопичення органічного навантаження в екосистемі. Якщо у 2021 р. концентрація амоній-іонів перебувала в межах нормативних значень, то вже з 2022 р. спостерігається стабі-

льне перевищення ГДК, із піковим значенням $0,88 \text{ мг/дм}^3$ у 2024 р. У 2025 р. фіксується зниження до $0,69 \text{ мг/дм}^3$, однак рівень забруднення залишається вище нормативного порогу, що вказує на проблему стійкого відновлення екосистеми.

Зазначимо також, що деталізація динаміки первинних базових показників амоній-іонів показує наявність короткочасних, але інтенсивних пікових концентрацій (до $2,81 \text{ мг/дм}^3$ у 2024 р. та $2,64 \text{ мг/дм}^3$ у 2025 р.), які вказують на епізодичні надходження органічного забруднення.

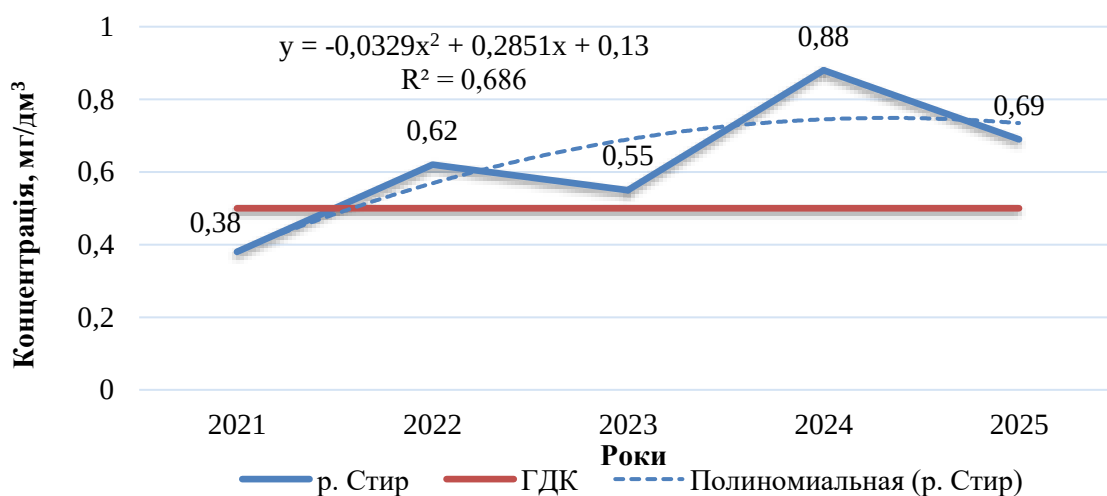


Рис. 1 – Середньорічні показники концентрації азоту амонійного у поверхневих водах прикордонної ділянки річки Стир

Fig. 1 – Annual average concentrations of ammonium nitrogen in the surface waters of the transboundary section of the Styr River

Представлені результати вказують на те, що зростання вмісту амоній-іонів означає, що річка Стир гірше справляється зі своєю природною функцією самоочищення. У нормальних умовах водна екосистема здатна переробляти та нейтралізувати органічні забруднення завдяки біохімічним процесам. Однак виявлене підвищення концентрацій, особливо у 2024 році, свідчить про те, що ці механізми перевантажені й уже не забезпечують належного очищення води. Крім того, підвищений вміст амонію негативно впливає на живі організми у воді. Це може призводити до зменшення біорізноманіття та порушення природної рівноваги екосистеми, зокрема через розвиток процесів евтрофікації.

Водночас погіршення якості води безпосередньо впливає і на її практичне використання. Коли концентрації забруднювачів перевищують нормативи, вода стає менш придатною для господарських потреб, а її

очищення потребує більших витрат. Таким чином, знижується ефективність забезпечувальних послуг річки, які пов'язані з використанням водних ресурсів.

У контексті оцінювання екосистемних послуг річки Стир показник біохімічного споживання кисню (БСК₅) розглядається як індикатор інтенсивності органічного навантаження та ефективності процесів самоочищення. Встановлено, що у 2021–2022 рр. середньорічні значення БСК₅ ($3,11$ та $3,09 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ відповідно) перевищували нормативний рівень, що свідчить про підвищений вміст органічних речовин і, відповідно, зниження ефективності регулювальних екосистемних послуг. Упродовж 2023–2025 рр. спостерігається зниження показника до нормативних значень (рис. 2), що вказує на часткове відновлення здатності річкової екосистеми до біохімічного окиснення органічних сполук і покращення умов функціонування.

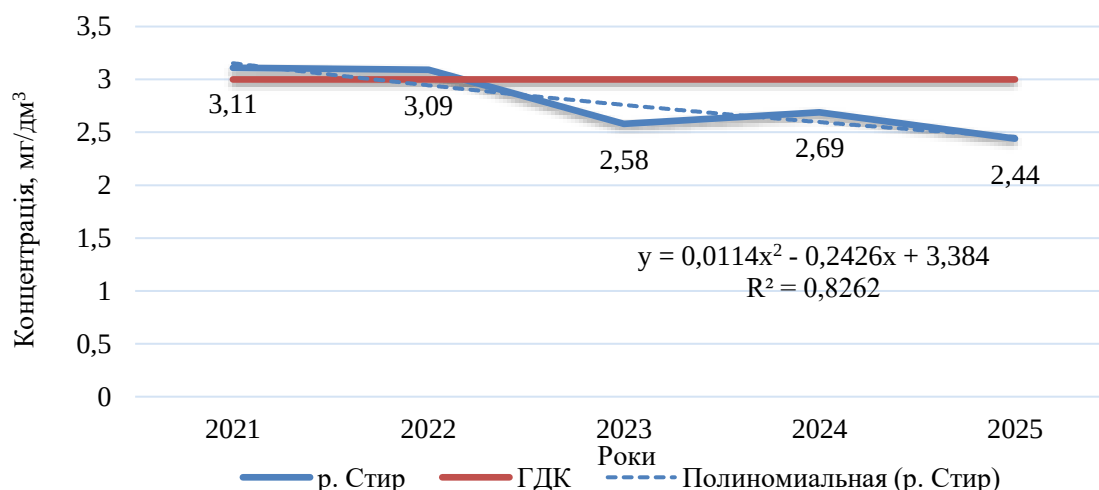


Рис. 2 – Середньорічні показники БСК₅ у поверхневих водах прикордонної ділянки річки Стир

Fig. 2 – Annual average BOD₅ values in the surface waters of the transboundary section of the Styr River

Аналіз тренду середньорічних значень БСК₅ у річці Стир за 2021–2025 рр. у контексті екосистемних послуг свідчить про поступове покращення функціонування річкової екосистеми, насамперед у частині регулювальних функцій.

На початку досліджуваного періоду (2021–2022 рр.) значення БСК₅ перевищували нормативний рівень, що вказує на підвищене органічне навантаження та зниження ефективності природних процесів самоочищення. Це означає, що регулювальні екосистемні послуги реалізовувалися не повною мірою. Починаючи з 2023 року, спостерігається чітка тенденція до зниження показника (2,58–2,44 мгО₂/дм³), що підтверджується поліноміальним трендом ($R^2 = 0,8262$) і свідчить про стабілізацію та часткове відновлення екосистемних процесів. Зменшення БСК₅ означає зниження вмісту органічних речовин у воді та покращення кисневого режиму, що прямо вказує на відновлення регулювальних послуг, зокрема здатності екосистеми до біохімічного окиснення та самоочищення.

Що стосується первинних базових даних БСК₅ то у 2021 р. цей показник досягав 4,59 мгО₂/дм³, у 2022 р. – 3,92 мгО₂/дм³, а у 2024 р. – 5,73 мгО₂/дм³, що підтверджує епізодичні надходження органічних забруднень. Хоча більшість таких перевищень мають поодинокий характер, вони створюють короточасне навантаження на процеси самоочищення, знижуючи ефективність регулювальних послуг та погіршуючи умови для функціонування водних організмів.

У контексті оцінювання екосистемних послуг річки Стир встановлено, що концентрації завислих речовин загалом перебувають у межах допустимих значень (до 15 мг/дм³), що свідчить про відносно стабільний стан допоміжних (підтримувальних) екосистемних послуг, зокрема формування сприятливих умов для існування гідробіонтів і підтримання прозорості водного середовища. Водночас їх періодичне зростання в окремі роки може бути пов'язане з активізацією ерозійних процесів або паводковими явищами, що тимчасово погіршує світлопроникність води та може знижувати ефективність цих функцій.

Вміст розчиненого кисню переважно відповідає нормативному рівню (не менше 4 мг/дм³), що вказує на загалом задовільний кисневий режим і належне функціонування допоміжних (підтримувальних) екосистемних послуг, зокрема створення сприятливих умов для існування гідробіонтів. Разом із тим у періоди підвищеного органічного навантаження можливе незначне зниження концентрації кисню, що відображає короточасне погіршення умов функціонування екосистеми.

Низькі концентрації нітратів (суттєво нижчі за ГДК 40 мг/дм³) свідчать про відсутність критичного забруднення та стабільність регулювальних послуг у частині біогеохімічного кругообігу азоту. Водночас періодичне наближення нітритів до граничних значень (0,08 мг/дм³) відображає активні трансформаційні процеси (нітрифікації–денітрифікації), що є індикатором напруження в роботі самоочисних механізмів.

Концентрації сульфатів і хлоридів залишаються в межах нормативів (100 та 300 мг/дм³ відповідно), що свідчить про відсутність суттєвого техногенного навантаження та відносну стабільність забезпечувальних екосистемних послуг, пов'язаних із якістю водних ресурсів.

Концентрації фосфатів також не перевищують встановленого нормативу (2,15 мг/дм³), однак їх тенденція до зростання в окремі роки може вказувати на розвиток евтрофікаційних процесів. Це свідчить про потенційне погіршення регулювальних екосистемних послуг, зокрема здатності водної екосистеми до саморегуляції та контролю біогенних навантажень.

З метою оцінювання екосистемних послуг річки Стир значення окремих гідрохімічних показників було зіставлено з нормативними критеріями якості води, визначеними у системі екологічної класифікації [16]. Такий підхід дозволяє інтерпретувати якість водного середовища як індикатор рівня реалізації регулювальних, підтримувальних і забезпечувальних екосистемних послуг.

Результати класифікації, що відображають якість води та рівень забезпечення екосистемних послуг річки Стир за середньорічними показниками впродовж 2021–2025 рр., наведено в табл. 2. Отримані результати класифікації якості води річки Стир за середньорічними показниками 2021–2025 рр. по-

Таблиця 2

**Якість води та рівень забезпечення екосистемних послуг річки Стир
(за середніми показниками 2021–2025 рр.)**

Table 2

**Water Quality and Level of Ecosystem Service Provision of the Styr River
(Based on Average Indicators for 2021–2025)**

Блок	Назва інгредієнтів	Результат вимірювання, мг/дм ³	Категорія якості води/ Уточнена категорія	Клас якості води	Класи і категорії якості води за станом	Класи і категорії якості води за ступенем чистоти	Тип екосистемної послуги	Рівень забезпечення екосистемної послуги
Іс	Хлориди	23,89	5/5,32	III	3/ПС	36/ПЗ	ЗП	З
	Сульфати	24,51	5/5,39	III	3/ПС	36/ПЗ	ЗП	З
Іт-с	Завислі речовини	3,66	1/1,73	I	В/В	ДжЧ/ДжЧ	ДП	В
	Розчинений кисень	8,53	1/1,53	I	В/В	ДжЧ/ДжЧ	ДП	В
	БСК 5	2,78	4/4,32	III	3/З	36/СЗ	РП	З
	Азот амонійний	0,62	5/5,22	III	3/ПС	36/ПЗ	РП	З
	Азот загальний	0,83	1/1,81	I	В/В	ДжЧ/ДжЧ	РП	В
	Нітрити	0,06	6/6,18	IV	П/П	Б/Б	РП	Н
	Нітрати	1,23	6/6,15	IV	П/П	Б/Б	РП	Н
	Фосфати	0,12	5/5,19	III	3/ПС	36/ПЗ	РП	З

казують, що в межах сольового блоку (Іс) концентрації хлоридів і сульфатів відповідають III класу якості (категорії 5/5,32 та 5/5,39), що характеризується як задовільні, посередні та помірно забруднені води. Це свідчить про задовільний рівень забезпечення забезпечувальних екосистемних послуг, зокрема придатності води для господарського використання, та вказує на наявність помірного антропогенного впливу без ознак критичної деградації водного середовища.

Трофо-сапробіологічний блок (Іт-с) характеризується неоднорідністю показників

якості води. З одного боку, значення завислих речовин та розчиненого кисню відповідають I класу якості (відмінні, дуже чисті води), що свідчить про високий рівень забезпечення допоміжних (підтримувальних) екосистемних послуг, зокрема формування сприятливих умов для існування гідробіонтів і підтримання екологічної стабільності водного середовища. Високий рівень якості також характерний для загального азоту (I клас), що вказує на відсутність надмірного трофічного навантаження.

Водночас окремі показники відображають зниження ефективності регулювальних

екосистемних послуг. Так, значення БСК₅ та амонійного азоту відповідають III класу якості (задовільні, помірно забруднені води), що свідчить про задовільний рівень реалізації регулювальних функцій, однак вказує на наявність органічного та біогенного навантаження і обмежену здатність водної екосистеми до самоочищення.

Найбільш несприятлива ситуація спостерігається для нітритів і нітратів, які відповідають IV класу якості (погані, брудні води). Це є індикатором порушення процесів трансформації сполук азоту та свідчить про низький рівень забезпечення регулювальних екосистемних послуг, а також створює потенційні ризики для підтримувальних функцій екосистеми.

Концентрації фосфатів відповідають III класу якості (задовільні, помірно забруднені води), що вказує на задовільний рівень регулювальних екосистемних послуг. Водночас наявна тенденція до їх зростання може свідчити про розвиток евтрофікаційних процесів і поступове погіршення екологічної рівноваги.

Розрахований індекс сольового складу ($I_{\text{серед}} = 5,36$) відповідає п'ятій із переходом у шосту субкатегорії якості води, що в межах екологічної класифікації відповідає III–IV класам якості. З позицій екосистемних послуг це свідчить про задовільний із тенденцією до зниження рівень забезпечення забезпечувальних функцій, зокрема придатності води для господарського використання. Такі значення індексу вказують на помірний рівень мінералізації води та наявність антропогенного впливу, що може обмежувати використання водних ресурсів без попередньої обробки.

Водночас індекс трофо-сапробіологічних показників ($I_{\text{т-серед}} = 4,02$) відповідає четвертій субкатегорії якості води, що узгоджується з III класом (задовільні, помірно забруднені води). Це свідчить про задовільний рівень реалізації регулювальних і допоміжних (підтримувальних) екосистемних послуг, однак вказує на наявність органічного та біогенного навантаження, яке впливає на ефективність процесів самоочищення, кисневий режим і умови існування гідробіонтів.

Узагальнення отриманих індексів свідчить, що екосистемні послуги річки загалом відповідають задовільному рівню. Водночас забезпечувальні послуги характеризуються тенденцією до зниження, що відображає певні обмеження придатності води для господарського використання. Регулювальні та підтримувальні послуги також є задовільними, однак

їх стан формується під впливом органічного та біогенного навантаження, що обмежує ефективність процесів самоочищення та підтримання екологічної рівноваги. Це вказує на необхідність удосконалення управління якістю води в межах транскордонного басейну з метою забезпечення стабільності функціонування річкової екосистеми.

Аналіз класифікації якості води за найгіршими значеннями показників у 2021–2025 рр. дозволяє оцінити граничні стани функціонування екосистемних послуг річки Стир та виявити найбільш уразливі елементи річкової екосистеми (табл. 3).

Результати оцінювання якості води річки Стир за найгіршими показниками 2021–2025 рр. свідчать про суттєве погіршення стану водного середовища та зниження рівня забезпечення екосистемних послуг.

У межах сольового блоку ($I_{\text{с}}$) концентрації хлоридів і сульфатів відповідають IV класу якості (погані, брудні води), що відображає низький рівень забезпечувальних екосистемних послуг та свідчить про зниження придатності води для господарського використання під впливом антропогенних чинників.

У трофо-сапробіологічному блоці ($I_{\text{т-с}}$) спостерігається значна варіабельність показників. Зокрема, завислі речовини відповідають II класу якості (добрі, чисті води), що характеризує добрий рівень підтримувальних екосистемних послуг. Водночас концентрація розчиненого кисню відповідає III класу, що свідчить про задовільний рівень умов існування гідробіонтів.

Показники, що характеризують органічне та біогенне навантаження, демонструють суттєве погіршення стану регулювальних функцій екосистеми. Значення БСК₅ відповідає III класу якості, що відображає задовільний рівень регулювальних екосистемних послуг. Натомість амонійний азот, нітрити, нітрати та фосфати відповідають V класу якості (дуже погані, дуже брудні води), що свідчить про дуже низький рівень забезпечення регулювальних екосистемних послуг та вказує на порушення процесів трансформації біогенних речовин і значне перевантаження системи самоочищення.

Загальний азот відповідає III класу якості, що характеризує задовільний рівень регулювальних функцій, однак у поєднанні з високими концентраціями окремих форм азоту свідчить про дисбаланс у процесах азотного циклу.

Таблиця 3

Якість води та рівень забезпечення екосистемних послуг річки Стир
(за найгіршим показниками 2021–2025 рр.)

Table 3

Water Quality and Level of Ecosystem Service Provision of the Styr River
(Based on the Worst Indicators for 2021–2025)

Блок	Назва інгредієнтів	Результат вимірювання, мг/дм ³	Категорія якості води/ Уточнена категорія	Клас якості води	Класи і категорії якості води за станом	Класи і категорії якості води за ступенем чистоти	Тип екосистемної послуги	Рівень забезпечення екосистемної послуги
Іс	Хлориди	43,23	6/6,18	IV	П/П	Б/Б	ЗП	Н
	Сульфати	34,77	6/6,05	IV	П/П	Б/Б	ЗП	Н
Іт-с	Завислі речовини	6,60	2/2,32	II	Д/ДД	Ч/Ч	ДП	Д
	Розчинений кисень	5,80	5/5,78	III	З/Пс	36/ПЗ	ДП	З
	БСК 5	5,28	5/5,41	III	З/Пс	36/ПЗ	РП	З
	Азот амонійний	2,81	7/7,62	V	ДП/ДП	ДБ/ДБ	РП	ДН
	Азот загальний	2,55	4/4,24	III	З/З	36/СЗ	РП	З
	Нітрити	0,22	7/7	V	ДП/ДП	ДБ/ДБ	РП	ДН
	Нітрати	2,81	7/7	V	ДП/ДП	ДБ/ДБ	РП	ДН
	Фосфати	0,49	7/7	V	ДП/ДП	ДБ/ДБ	РП	ДН

Таким чином, аналіз найгірших показників показує, що у періоди підвищеного навантаження екосистемні послуги річки Стир суттєво погіршуються. Зокрема, забезпечувальні функції знижуються до низького рівня, що відображає обмежену придатність води для господарського використання, тоді як регулювальні послуги за окремими показниками переходять до дуже низького рівня, що свідчить про порушення процесів саморегуляції та трансформації біогенних речовин. Підтримувальні послуги загалом зберігають від задовільного до доброго рівня, однак також демонструють чутливість до зростання антропогенного навантаження. Це підтверджує необхідність урахування граничних (найгірших) значень показників при оцінюванні екосистемних послуг та обґрунтуванні управлінських рішень.

Розрахований індекс сольового складу за найгіршими показниками ($I_{с\text{найг.}} = 6,12$) відповідає шостій субкатегорії якості води, що узгоджується з IV класом (погані, брудні води). Це свідчить про низький рівень забезпечення забезпечувальних екосистемних послуг, зокрема придатності води для господарського використання, та відображає підвищене мінералізаційне навантаження в ок-

ремі періоди. Такі значення індексу вказують на вплив антропогенних чинників, за яких якість води погіршується до рівня, що потребує додаткової обробки перед використанням.

Індекс трофо-сапробіологічних показників ($I_{т-с\text{найг.}} = 5,8$) відповідає п'ятій із переходом у шосту субкатегорії якості води, що відповідає IV–V класам (погані та дуже погані води). Це свідчить про низький із переходом до дуже низького рівень забезпечення регулювальних екосистемних послуг, пов'язаних із процесами самоочищення та трансформації біогенних речовин. Такі значення індексу відображають періоди підвищеного органічного та біогенного навантаження, що супроводжуються порушенням кисневого режиму та активізацією евтрофікаційних процесів.

Отже, блокові індекси за найгіршими показниками показують, що в періоди максимального антропогенного навантаження екосистемні послуги річки Стир істотно знижуються: забезпечувальні послуги характеризуються низьким рівнем, тоді як регулювальні – низьким або дуже низьким рівнем забезпечення. Це підтверджує доцільність урахування граничних (найгірших) значень

показників як важливих індикаторів у системі оцінювання якості води та управління

екосистемними послугами транскордонних річок.

Висновки

Застосування індикаторного підходу до оцінювання екосистемних послуг прикордонної ділянки річки Стир дозволило концептуально поєднати гідрохімічні показники якості води з функціональними характеристиками річкової екосистеми. Це підтверджує, що показники якості води можуть ефективно виступати універсальними індикаторами стану регулювальних, підтримувальних і забезпечувальних екосистемних послуг.

Ключовим результатом є встановлення нерівномірності реалізації екосистемних послуг: навіть за відносно прийнятного середнього стану екосистеми фіксуються періоди її функціональної нестабільності. Така диспропорція свідчить про приховану вразливість річкової системи, яка не відображається повною мірою у середніх значеннях показників, але проявляється у критичних епізодах навантаження.

Отримані результати мають важливе методичне значення, оскільки доводять доцільність використання поєднання середніх і граничних (найгірших) значень показників у системі оцінювання екосистемних послуг. Це дозволяє більш повно врахувати як фоновий стан екосистеми, так і її реакцію на пікові антропогенні впливи, що є особливо актуальним для транскордонних водних об'єктів.

Практична значущість дослідження полягає у можливості використання запропонованого підходу для вдосконалення системи моніторингу та управління водними ресурсами. Інтеграція показників якості води в оцінювання екосистемних послуг створює науково обґрунтовану основу для прийняття управлінських рішень, спрямованих на підвищення екологічної стійкості річкових екосистем, мінімізацію транскордонних ризиків забруднення та забезпечення сталого використання водних ресурсів.

Таким чином, індикаторне оцінювання екосистемних послуг на основі показників якості води дозволяє не лише діагностувати екологічний стан річкової екосистеми, а й інтерпретувати рівень реалізації її ключових функцій. Такий підхід забезпечує можливість цілеспрямовано оцінювати стан регулювальних, підтримувальних і забезпечувальних екосистемних послуг, виявляти їх критичні порушення та визначати пріоритети для відновлення. Це створює науково обґрунтовану основу для управління річковими екосистемами, орієнтовану на забезпечення екосистемних послуг та сталого розвитку річкових басейнів.

Конфлікт інтересів

Автор заявляє, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автором повністю дотримано етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

Декларація про використання ШІ

В роботі не використано ресурс штучного інтелекту.

Список використаної літератури

1. Караїм О. А., Караїм В. П., Бедункова О. О., Лавринюк З. В., Дзам О. А. Оцінка антропогенного впливу в аспекті басейнового екологічного управління. *Вісник НУВГП. Сільськогосподарські науки : зб. наук. праць*. Рівне: НУВГП. 2024. Вип. 1 (105). С. 97–119. <https://doi.org/10.31713/vs120247>
2. Копилов В., Попович В. Вміст важких металів у воді та едафотопах берегової зони ріки Стир. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2024. № 29. С. 5–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.29.2024.01>
3. Кузнецов П. М., Бедункова О. О. Ідентифікація та просторово-часові зміни показників вмісту органічних речовин в поверхневих водах р. Стир. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2024. № 135(2). С. 249–256. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.135.1.33>
4. Нетробчук І. М., Полянський С. В., Білецький Ю. В., Соловей В. В., Качаровський Р. Є., Лівик С. А. Вплив господарської діяльності людини на стан басейну р. Стир. *Věda a perspektivy*. 2025. № 4 8.(47). С. 126–139. [https://doi.org/10.52058/2695-1592-2025-4\(47\)-126-139](https://doi.org/10.52058/2695-1592-2025-4(47)-126-139)

5. Biedunkova O., Kuznietsov P., Tsos O., Boiaryn M., Karaim O. Sustainable Hydrochemical Reference Conditions in the Headwaters of Western Ukraine. *Sustainability*. 2026. Vol. 18(2). Article 821. <https://doi.org/10.3390/su18020821>
6. Kovalchuk I., Karaim O., Dzham O., Lavrynyuk Z., Karaim V. Ecological assessment of surface water quality of the Western Bug river in the border region of Ukraine and Poland. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series Geology. Geography. Ecology*. 2025. Vol. (62). P. 424-436. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2025-62-32>
7. Mitryasova O., Mats A., Salamon I., Smyrnov V., Chvyr, V. Study the Nexus between Indicators of Surface Water Quality on the Small River for Better Basin Management. *Journal Of Environmental Management And Tourism*. 2023. Vol. 14(5). P. 2187–2195. [https://doi.org/10.14505/jemt.v14.5\(69\).03](https://doi.org/10.14505/jemt.v14.5(69).03)
8. Farid Ahmed M., Mokhtar M. B., Lim C. K., Suza I. A. B. C., Ayob K. A. K., Khiretdin R. P. K., Majid N. A. Integrated River Basin Management for Sustainable Development: Time for Stronger Action. *Water*. 2023. Vol. 15(13). Article 2497. <https://doi.org/10.3390/w15132497>
9. Kazemi M., Bozorg-Haddad O., Fallah-Mehdipour E., Chu X. Optimal water resources allocation in transboundary river basins according to hydropolitical consideration. *Environment. Development and Sustainability*. 2022. Vol. 24. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01491-0>
10. Sahana Mehebab, Dhali Dr, Lindley Sarah. Global disparities in transboundary river research have implications for sustainable management. *Communications Earth & Environment*. 2024. Vol. 5. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01928-0>
11. Tomadon L. S., do Couto E. V., Bailly D., et al. Incorporating aquatic biodiversity into sustainability index for hydrographic sub-basins: a multi-criteria stakeholder assessment approach in the Upper Paraná River. *Hydrobiologia*. 2024. Vol. 851. P. 4905–4926. <https://doi.org/10.1007/s10750-024-05648-6>
12. Tomingas P., Kont R., Lõhmus A., Vaikre M. Diversity of small waterbodies sustains aquatic biodiversity in drained forest landscapes. *Hydrobiologia*. 2025. Vol. 852. P. 1677–1692. <https://doi.org/10.1007/s10750-024-05770-5>
13. Khosrovyan A. Biodiversity and Ecosystem Services in Rivers. *Water*. 2024. Vol. 16(15). Article 2091. <https://doi.org/10.3390/w16152091>
14. Remme R. P., Meacham M., Pellowe K. E., Andersson E. Et all. 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>
15. Sousa M. C., Martins R., Simões N. E., Feio M. J. Ecosystem services of urban rivers: a systematic review. *Aquatic Sciences*. 2025. Vol. 87. Article 10. <https://doi.org/10.1007/s00027-024-01138-y>
16. 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.
17. Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіюк О. П., Яцик А. П. та ін. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. К.: СИМБОЛ–1, 1998. 50 с.
18. MAWeb.org. Ecosystems. URL: <https://maweb.org/ecosystems/> (дата звернення: 30.03.2026)
19. Millennium Ecosystem Assessment. Overview of the Millennium Ecosystem Assessment. URL: <https://www.millenniumassessment.org/en/About.html> (дата звернення: 30.03.2026)
20. Стир. Регіональний офіс водних ресурсів у Волинській області. Офіційний сайт. URL: <https://vodres.gov.ua/node/1353> (дата звернення: 30.03.2026)
21. Український гідрометеорологічний центр. Офіційний сайт. URL: <https://www.meteo.gov.ua/> (дата звернення: 30.03.2026)
22. Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України. Державне агенство водних ресурсів України. Офіційний сайт. URL: <http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index> (дата звернення: 30.03.2026)

Стаття надійшла до редакції 11.04.2026
Стаття рекомендована до друку 17.05.2026

Переглянуто 13.05.2026
Опубліковано 30.05.2026

O. A. KARAIM, PhD (Economy),
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

INDICATOR-BASED ASSESSMENT OF ECOSYSTEM SERVICES IN THE TRANSBOUNDARY SECTION OF THE STYR RIVER BASED ON HYDROCHEMICAL WATER QUALITY INDICATORS

Purpose. To test an indicator-based approach for assessing ecosystem services in the transboundary section of the Styr River based on water quality parameters.

Methods. Analytical, hydrochemical analysis, and ecological classification methods for surface water quality assessment.

Results. An indicator-based assessment of ecosystem services in the transboundary section of the Styr River was carried out based on hydrochemical water quality parameters for 2021–2025. It was found that, according to annual average values, most indicators correspond to Classes I–III, indicating a generally satisfactory state of the aquatic environment. Supporting ecosystem services are maintained at high and good levels, while regulating and provisioning services are predominantly at a satisfactory level. At the same time, systematic exceedances were identified for certain indicators, particularly nitrogen compounds and organic matter, indicating anthropogenic pressure and reduced efficiency of regulating ecosystem functions. The analysis of temporal dynamics revealed an increasing trend in ammonium concentrations and the occurrence of episodic peak values, reflecting instability in self-purification processes. A decreasing trend in BOD₅ values was observed, indicating partial improvement in certain ecosystem functions. Assessment based on block indices showed that, under average conditions, water quality corresponds to Class III (satisfactory, moderately polluted waters), whereas under worst-case conditions it shifts to Classes IV–V (poor and very poor, polluted and heavily polluted waters), indicating significant variability in ecosystem condition.

Conclusions. The application of the indicator-based approach enabled the integration of hydrochemical water quality parameters into the assessment of river ecosystem functioning. Uneven provision of ecosystem services was identified: despite an overall satisfactory average condition, periods of deterioration occur, indicating the ecosystem's vulnerability to anthropogenic pressure. The results demonstrate that water quality indicators can be used to quantitatively interpret the level of regulating, supporting, and provisioning ecosystem services. The proposed approach can be applied to improve water resource assessment and management in transboundary river systems.

KEYWORDS: *indicator-based assessment, water quality, transboundary river, ecosystem services, sustainable development*

Conflict of Interest

The author declares no conflict of interest regarding the publication of this manuscript. Furthermore, the author has fully adhered to ethical norms, including avoiding plagiarism, data falsification, and duplicate publication.

AI Statement

The work does not use artificial intelligence resources.

References

1. 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).
2. Kopylov, V., & Popovych, V. (2024). Content of heavy metals in water and edafotopah of the river Styr coastal zone. *Bulletin of Lviv State University of Life Safety*, 29, 5-11. <https://doi.org/10.32447/20784643.29.2024.01> (in Ukrainian).
3. Kuznietsov, P. M., & Biedunkova, O. O. (2024). Carbon compounds in the surface water identifying concentrations and sources. *Taurida Scientific Herald. Series: Rural Sciences*, 135(2), 249–256. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.135.1.33> (in Ukrainian).

4. Netrobchuk, I. M., Polianskyi, S. V., Biletskyi, Yu. V., Solovei, V. V., Kacharovskiy, R. Ye., & Livyk, S. A. (2025). The impact of human economic activity on the state of the Stir river basin. *Věda a perspektivy*, 4(47), 126–139. [https://doi.org/10.52058/2695-1592-2025-4\(47\)-126-139](https://doi.org/10.52058/2695-1592-2025-4(47)-126-139) (in Ukrainian).
5. Biedunkova, O., Kuznietsov, P., Tsos, O., Boiaryn, M., & Karaim, O. (2026). Sustainable hydrochemical reference conditions in the headwaters of Western Ukraine. *Sustainability*, 18(2), Article 821. <https://doi.org/10.3390/su18020821>
6. Kovalchuk, I., Karaim, O., Dzham, O., Lavrynyuk, Z., & Karaim, V. (2025). Ecological assessment of surface water quality of the Western Bug River in the border region of Ukraine and Poland. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series Geology. Geography. Ecology*, (62), 424–436. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2025-62-32> (in Ukrainian).
7. Mitryasova, O., Mats, A., Salamon, I., Smynov, V., & Chvyr, V. (2023). Study the nexus between indicators of surface water quality on the small river for better basin management. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 14(5), 2187–2195. [https://doi.org/10.14505/jemt.v14.5\(69\).03](https://doi.org/10.14505/jemt.v14.5(69).03)
8. Farid Ahmed, M., Mokhtar, M. B., Lim, C. K., Suza, I. A. B. C., Ayob, K. A. K., Khirrodin, R. P. K., & Majid, N. A. (2023). Integrated river basin management for sustainable development: Time for stronger action. *Water*, 15(13), Article 2497. <https://doi.org/10.3390/w15132497>
9. Kazemi, M., Bozorg-Haddad, O., Fallah-Mehdipour, E., & Chu, X. (2022). Optimal water resources allocation in transboundary river basins according to hydropolitical consideration. *Environment, Development and Sustainability*, 24. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01491-0>
10. Sahana, M., Dhali, D., & Lindley, S. (2024). Global disparities in transboundary river research have implications for sustainable management. *Communications Earth & Environment*, 5. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01928-0>
11. Tomadon, L. S., do Couto, E. V., Bailly, D., et al. (2024). Incorporating aquatic biodiversity into sustainability index for hydrographic sub-basins: A multi-criteria stakeholder assessment approach in the Upper Paraná River. *Hydrobiologia*, 851, 4905–4926. <https://doi.org/10.1007/s10750-024-05648-6>
12. Tomingas, P., Kont, R., Löhms, A., & Vaikre, M. (2025). Diversity of small waterbodies sustains aquatic biodiversity in drained forest landscapes. *Hydrobiologia*, 852, 1677–1692. <https://doi.org/10.1007/s10750-024-05770-5>
13. Khosrovyan, A. (2024). Biodiversity and ecosystem services in rivers. *Water*, 16(15), Article 2091. <https://doi.org/10.3390/w16152091>
14. Remme, R. P., Meacham, M., Pellowe, K. E., Andersson, E., et al. (2024). Aligning nature-based solutions with ecosystem services in the urban century. *Ecosystem Services*, 66, Article 101610. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.101610>
15. Sousa, M. C., Martins, R., Simões, N. E., & Feio, M. J. (2025). Ecosystem services of urban rivers: A systematic review. *Aquatic Sciences*, 87, Article 10. <https://doi.org/10.1007/s00027-024-01138-y>
16. Hrytsenko, A. V., Vasenko, O. H., Vernichenko, H. A., et al. (2012). Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevyykh vod za vidpovidnymy katehoriiami. UkrNDIEP. (In Ukrainian).
17. Romanenko, V. D., Zhukynskiy, V. M., Oksiiuk, O. P., & Yatsyk, A. P. (1998). Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevyykh vod za vidpovidnymy katehoriiami. SYMVOL-1. (In Ukrainian).
18. MAWeb. (n.d.). Ecosystems. Retrieved from <https://maweb.org/ecosystems/>
19. Millennium Ecosystem Assessment. (n.d.). Overview of the Millennium Ecosystem Assessment. Retrieved from <https://www.millenniumassessment.org/en/About.html>
20. Regional Office of Water Resources in Volyn Oblast. Styr. Retrieved from <https://vodres.gov.ua/node/1353> (in Ukrainian).
21. Ukrainian Hydrometeorological Center. Retrieved from <https://www.meteo.gov.ua/> (in Ukrainian).
22. Derzhavne ahentstvo vodnykh resursiv Ukrainy. Monitorynh ta ekolohichna otsinka vodnykh resursiv Ukrainy. Retrieved from <http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index> (in Ukrainian).

The article was received by the editors 11.04.2026
The article is recommended for printing 17.05.2026

The article was revised 13.05.2026
This article published 30.05.2026