НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНКИ ВПЛИВУ МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ НА ВОДНІ ЕКОСИСТЕМИ

Олена Жукова[1], Ігор Прокопенко[2], Ірина Ляшок[3], Павло Старжинський[4], Ярослав Терендій[5]

[1,2,4] Київський національний університет будівництва і архітектури
31, проспект Повітряних Сил, Київ, 03037, Україна
[3] Київський національний університет технологій та дизайну
2, вул. Мала Шияновська, Київ, 01011, Україна
[5] ТОВ «РБК Спецмонтажбуд»
2-Б, вул. Микільсько-Слобідська, Київ, 02002, Україна
[1] канд. техн. наук, elenazykova21@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-0662-9996
[2] prockopencko.2017@gmail.com, https://orcid.org/0009-0009-0129-3283
[3] канд. техн. наук, lyashok.io@knutd.edu.ua, https://orcid.org/0000-0001-9171-1075
[4]pavlostarzhynskyi@gmail.com, https://orcid.org/0009-0004-4495-9309
[5]y.terendiy@rbk.org.ua, https://orcid.org/0009-0009-0776-2255

DOI: 10.32347/2524-0021.2026.54.11-21

Анотація. У статті проведено комплексне дослідження екологічного стану та якісних характеристик поверхневих вод Житомирської області в межах басейну Дніпра в умовах інтенсивного антропогенного та урбаністичного навантаження. Проаналізовано багаторічну динаміку гідрохімічних показників за тривалий період спостережень (1992–2023 рр.). Здійснено об'єднану екологічну оцінку якості вод за блоковими індексами (I_1, I_2, I_3) та інтегральним екологічним індексом (I_E) для дев'яти ключових річок регіону, серед яких рр. Тетерів, Гнилоп'ять, Гуйва, Лісова Кам'янка, Ірша, Возня, Ірпінь, Роставиця та Кам'янка. Визначено сезонні особливості зміни індексу забруднення води (ІЗВ) для рибогосподарських та культурно-побутових потреб , а також розраховано середньорічний хімічний стік у зоні впливу міських територій. Встановлено, що попри високий задекларований ступінь очищення стічних вод, скиди міської каналізації зумовлюють значне перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) низки полютантів. Обґрунтовано необхідність удосконалення методів екологічного оцінювання та впровадження інтегрованого басейнового управління для забезпечення екологічної безпеки водних ресурсів України.

Ключові слова: урбоекосистеми, моніторинг, екологічна безпека, водне середовище, міське середовище, екологічні проблеми.

АКТУАЛЬНІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

Сьогодні однією з найактуальніших екологічних проблем водного середовища України залишається забруднення річкових басейнів. Якісний стан поверхневих вод річок постійно змінюється, що переважно обумовлено їх інтенсивною та нераціональною експлуатацією. Антропогенна діяльність, пов'язана з регулюванням стоку, забрудненням, замуленням і вирубкою лісів, чинить значний тиск на річки. Це призводить до порушення гідрологічних та гідрохімічних характеристик, впливає на загальну якість поверхневих вод і спричиняє суттєві зміни екологічного стану річкових басейнів. Особливо вразливими до антропогенного впливу є малі річки через їхні невеликі площі водозборів. Водночас вони відіграють ключову роль у формуванні водних ресурсів, гідрохімічного режиму та якості води середніх і великих річок, а також у створенні природних ландшафтів значних територій. Посилення впливу людської

© Жукова О., Прокопенко І., Ляшок І., Старжинський П., Терендій Я., 2026

діяльності протягом останніх десятиліть створило напружену екологічну ситуацію у системах малих річок, що призвело до значного зниження їхньої здатності до самоочищення. Тож питання забруднення річок України залишається надзвичайно актуальним.

Для вирішення цієї проблеми важливим є регулярне спостереження за якісним станом поверхневих вод річок України. Це дозволяє проводити аналіз і узагальнювати дані щодо стану водних об'єктів, прогнозувати можливі зміни та розробляти науково обґрунтовані рекомендації. Такі рекомендації стають основою для ухвалення ефективних управлінських рішень у сфері використання й охорони водних ресурсів.

Проблема забруднення водних екосистем стічними водами антропогенного походження є особливо актуальною для регіонів із високим рівнем урбанізації, які відзначаються обмеженим забезпеченням водними ресурсами. Одним із найзначущіших чинників антропогенного впливу на якісний стан гідроекосистеми річки залишаються скиди каналізаційних стічних вод і поверхневий стік із територій населених пунктів та сільськогосподарських угідь. Незадовільний технічний стан очисних споруд та експлуатація застарілих і малоефективних технологій очистки стічних вод спричиняють щорічне надходження забруднених стоків у басейн річки. Наслідком цього є погіршення якісних характеристик водних екосистем, зниження їх водогосподарського та рекреаційного потенціалу, а також порушення екологічної рівноваги водних ресурсів. У зв'язку з цим виникає нагальна потреба у впровадженні нових підходів до мінімізації обсягів стоків, що потрапляють до поверхневих вод. Доцільно посилити контроль за антропогенним навантаженням через удосконалення методів екологічної оцінки якості поверхневих вод і аналізу впливу стічних вод на стан гідроекосистем.

Проблема збереження річок з метою підтримання їх екосистемних функцій є ключовим викликом сучасної гідроекології. Вона перестала бути лише вузькоспеціалізованою сферою досліджень і перетворилася на соціально-економічну та політичну проблему для багатьох країн світу. Особливий акцент нині робиться на вивченні стану та захисті річок, які забезпечують потреби у питній воді, адже якість такої води повинна відповідати встановленим санітарним нормам. Такий підхід зумовлений значним спектром проблем, викликаних загальним дефіцитом води, особливо питної, що гостро відчувається у багатьох густонаселених регіонах планети. Вирішення цих питань є особливо актуальним для південних регіонів України, які характеризуються переважно степовими ландшафтами. Ця територія розташована на межах різних кліматичних і природно-кліматичних зон, однією з головних ознак яких є брак водних ресурсів.

Збройні конфлікти, які розпочалися на території України внаслідок анексії Кримського півострова Російською Федерацією у 2014 році, стали причиною суттєвих змін у стані водного, повітряного та ґрунтового середовищ. З моменту повномасштабного вторгнення Російської Федерації на територію України 22 лютого 2022 року ці зміни значно поглибилися, а їхні наслідки для екосистеми стають дедалі більш помітними навіть через п'ять років від початку військових дій. Лише протягом перших 150 днів після повномасштабного вторгнення стан водних ресурсів України зазнав значного негативного впливу. Це, зокрема, можна пояснити забрудненням водних об'єктів важкими металами і хімічними елементами, руйнуванням дамб і насосних очисних споруд, а також захопленням об'єктів водної інфраструктури.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Міські території на сучасному етапі розвитку людського суспільства є найбільш динамічною середовищем проживання людини. Ці території вирізняються великою різноманітністю архітектурних об'єктів, а також значною трансформацією компонентів природного середовища. Особливого характеру містам надають водні об'єкти різного типу. Найчастіше в межах міських територій зустрічаються такі водні об'єкти,

як малі річки, струмки, ставки. Усі вони, разом із великими річками, на берегах яких часто виникають міста, формують їх унікальний ландшафт, а також виконують широкий спектр функцій: природоохоронних, соціокультурних і рекреаційних.

Більшість прикладних географічних досліджень завершується розробкою рекомендацій, які зазвичай включають оцінку територій, об'єктів або процесів. Для визначення ефективності рекреаційного використання водних об'єктів у міських зонах та аналізу його наслідків важливо враховувати як інтенсивність, так і тривалість впливу. Формально будь-яка оцінка є одним із видів класифікації. Для її проведення обираються певні властивості об’єктів, висуваються критерії ранжування та впорядковування. Ця процедура досить проста, коли класифікація базується на одному показнику. Значно складніше працювати з множинними характеристиками. Найбільшою складністю є ситуація, коли до кількісних характеристик додається необхідність врахування якісного різноманіття. У таких випадках однозначне розділення стає малоймовірним, і класифікація повинна мати багатофункціональне призначення. Для вирішення подібних завдань часто застосовують бальну оцінку. Оціночна шкала може бути створена різними способами: вона може бути рівномірною (з рівними інтервалами) або нерівномірною. Кількість класів, що виділяються, також не обмежується. За допомогою цієї шкали кожному об'єкту присвоюється значення в межах від нуля (або одиниці) до певного максимального балу. У разі необхідності шкала може бути розширена або звужена. Оцінка об'єктів за різними напрямами дозволяє створювати інтегровану оцінку за таким самим принципом.

Для оцінки екологічного стану водних об'єктів у межах міських територій необхідно приділити особливу увагу вибору оцінювальних факторів і визначенню їхньої вагомості. Серед ключових факторів доцільно враховувати такі аспекти, як генезис водних об'єктів (природні водойми, рекультивовані території, штучно створені водотоки та водойми), рівень урбанізації водного басейну (до 25 %, 25–50 %, 50–75 %, понад 75 %), а також техногенну трансформацію (ступінь випрямлення русел, наявність водосховищ тощо). Крім того, важливими є гідрохімічні та гідробіологічні характеристики водної маси (класифікація якості води за індексом забрудненості води (ІЗВ), гідрохімічні індекси), біорізноманіття, рекреаційна цінність і ступінь освоєння (від об'єктів для масового відпочинку до повністю необлаштованих або малозначущих).

Не варто ігнорувати соціально-культурну цінність, яка включає об'єкти з високою соціальною привабливістю, особливо ті, що є частиною цінних історико-культурних ландшафтів. Такі об'єкти значно переважають за соціальною значущістю над тими, які знижують привабливість регіону. Пріоритетними для аналізу є фактори, що свідчать про ступінь екологічної деградації. Водні об'єкти, розташовані в межах охоронюваних природних територій та збережені у своєму природному стані, слугують еталоном екологічного благополуччя. Далі йдуть об'єкти зі слабкою антропогенною деградацією, де спостерігаються помірні прояви впливу людської діяльності, наприклад, напружений стан екосистем, зниження чисельності видів із господарським значенням або погіршення санітарно-гігієнічних показників води.

Наступною категорією є водойми із помірною антропогенною деградацією, для яких характерні кризові стани; у таких випадках процеси самоочищення не можуть компенсувати антропогенне навантаження. Це може призводити до періодичного цвітіння води, появи гнилісного запаху тощо. До найгіршої категорії належать об'єкти з катастрофічною екологічною деградацією. Для таких водойм характерне глибоке порушення водного режиму, критично несприятливі гідрохімічні та гідробіологічні показники, а також значне збіднення біорізноманіття. Відновлення таких водних об'єктів є сумнівним або навіть малоймовірним.

Згідно з проведеним дослідженням, інтегрована бальна оцінка формується як сума

значень факторів екологічного стану, відібраних для характеристики водних об'єктів конкретної міської території. Ранжування оцінок здійснюється з визначенням категорій, які відображають екологічний стан води об'єкта. Доцільно, щоб кількість категорій відповідала кількості позицій факторів екологічного стану.

Оцінювання якості поверхневих вод є ключовим аспектом у забезпеченні їх охорони, раціонального використання водних ресурсів, а також у визначенні екологічного стану водозбірних територій.

Теоретичні та практичні аспекти управління водними ресурсами в умовах урбанізації висвітлено в дослідженнях численних вітчизняних та закордонних науковців. Зокрема, питання оцінки антропогенних навантажень на водні об'єкти розглядали у своїх працях В. К. Хільчевський, О. Г. Ободовський, В. В. Гребінь. [3-4]

Методологічні принципи інтегрованого управління водними ресурсами на основі басейнового підходу були розроблені М. В. Яцюком, О. В. Чунарьовим, Ю. Б. Набиванцем. Істотна увага приділяється проблемі евтрофікації водних об'єктів і пошуку шляхів її подолання, що відображено в роботах С. А. Афанасьєва, В. І. Щербака, Н. В. Ковальової. Екологічні засади управління водними ресурсами України досліджують такі вчені, як А. І. Томільцева, Л. Є. Михайленко, А. В. Яцик, А. П. Чернявська, І. М. Томільцев, Є. О. Яковлєв, В. Г. Петрук, Н. Г. Люта, Г. Г. Лютий, І. В. Саніна та інші. [5-8]

Методологію підтримки процесу прийняття рішень через аналіз розривів, ідентифікацію та усунення недоліків у водокористуванні й управлінні водними ресурсами запропонували іноземні науковці Хан С., Ку Д., Кім Й., Кім С., Пак Ч. Аналіз використання індикаторів, встановлених через результати GAP-аналізу, для детального вивчення водного балансу та зниження тиску на водні ресурси задля попередження евтрофікації було здійснено у працях Ренуфа М., Серрао-Ноймана С., Кенвея С., Моргана Е., Чоя Д., а також Прохнова А., Драстіга К., Клауса Г., Берга В. [9-13]

Прямий або непрямий вплив урбанізації на водні системи досліджений у низці робіт, зокрема, загальне значення для якості води має забудова тери- торій водорозділу та його фрагментація [14], а негативні наслідки змін рослинного покриву зафіксовані у роботі [15]. Вивченню проблеми створення дефіциту води внаслідок зростаючого водоспоживання присвячене дослідження, викладене в роботі [15].

Авторами роботи [16,22] визначені небезпеки виснаження підземних вод в урбанізованих мегаполісах світу.

Питання дефіциту води знайшли відображення у розробках вітчизняних науковців, у яких розглядаються проблеми довгострокового прогнозування водогосподарського балансу [17] для врахування дефіциту водних ресурсів у майбутньому; а також ефективні механізми управління [18] та сталого розвитку водогосподарського комплексу [19].

Обмеженість прісної води створює загрозу безпеці людини, тому питання водного дефіциту в контексті регіональної та національної небезпеки розглянуті в дослідженнях [20,21,22]. Проте інформація щодо комплексних оцінок впливу урбанізаційних процесів на територіальні ресурси дуже обмежена.

Дослідник Удод В.М. [23] пропонує удосконалену методику оцінювання стану поверхневих вод, яка базується на екологічній оцінці стану гідроекосистем шляхом застосування системного підходу до їх розвитку та врахування критичних навантажень природних і антропогенних чинників. При цьому передбачається використання геоінформаційних технологій для забезпечення більшої точності та об’єктивності аналізу.

Розв'язання водогосподарських та екологічних проблем в Україні належить до пріоритетів державної політики у сфері використання, захисту та відновлення водних ресурсів. Ця діяльність має відбуватися за такими основними напрямами.

Першим напрямком є захист поверхневих та підземних вод від забруднення, що має стратегічну мету – забезпечити екологічно

безпечне використання водних ресурсів. Це сприятиме охороні водних об'єктів, мінімізуватиме негативний вплив на них та підтримуватиме їх здатність до самовідновлення і самоочищення.

Другий напрямок передбачає екологічно безпечну експлуатацію водних ресурсів, орієнтовану на пріоритет природоохоронних функцій над господарським використанням вод. Також планується впровадження технологій економного використання води у всіх секторах економіки.

Третій напрямок зосереджено на поліпшенні гідрологічного стану річкових басейнів та протидії негативним явищам, таким як замулення чи руйнування берегової лінії. Головна ціль полягає у покращенні екологічного стану водних об'єктів шляхом використання басейнового підходу, що забезпечить стабільне функціонування природних екосистем і розвиток господарських комплексів.

Четвертий напрямок акцентує увагу на удосконаленні систем управління охороною вод та раціональним використанням водних ресурсів. Впровадження басейнового підходу стане основою для створення регіональних та місцевих водоохоронних програм, спрямованих на покращення стану водних об'єктів.

П'ятий напрямок спрямований на зниження впливу радіоактивного забруднення, що є важливим аспектом загальної екологічної політики.

Рівень впливу стічних вод на стан водних об'єктів у зоні дії урбанізованих територій було визначено через використання системного аналізу та інтегрованого підходу. Оцінювання якісного стану гідроекосистем Житомирської області (табл.1) проводилося за показниками навантаження від поверхневих стічних вод (перевищення концентрації забруднювачів порівняно з ГДК) та закономірностями їх просторового розподілу у напрямку течії.

Суть концепції об'єднаної екологічної оцінки якості поверхневих вод полягає у визначенні інтегрального екологічного індексу (I_E), який слугує основою для оцінювання якості річкових вод Житомирської області. Аналіз результатів розрахунків виявив кілька важливих моментів.

По-перше, комплексний екологічний індекс якості води (I_E) для річок басейну Дніпра в межах області має орієнтовний характер через неможливість достовірного визначення токсикологічного індексу (Із), що зумовлено браком необхідної інформації.

По-друге, використання індексу I_E для оцінки річок Житомирської області не можна вважати цілком адекватним. Дані щодо трофо-сапробіологічних показників, які сигналізують про суттєвий рівень забруднення, часто компенсуються високою якістю води за показниками сольового складу, що здебільшого відповідають категоріям 1 і 2. Таким чином, отримані значення IE не завжди точно відображають реальний екологічний стан водних об'єктів басейну Дніпра в межах регіону.

Під час проведення об'єднаної екологічної оцінки якості річкових вод Житомирщини першочергово було здійснено аналіз наявної інформації стосовно блокових індексів (I_1, I_2, I_3).

Оцінка якості води на основі інтегрального екологічного індексу (IE) у межах басейну демонструє значну варіативність, що зумовлює класифікацію вод за рівнем якості в діапазоні від «доброї» та «чистої» до «задовільної» й «забрудненої» (табл. 2).

Попри значний рівень очищення стічних вод, який становить до 95 %, очищені стоки все ж містять вторинні забруднювальні речовини. Концентрація цих речовин у водах перевищує гранично допустимі концентрації (ГДК). Під час потрапляння до річкових водотоків зазначені полютанти інтегруються у локальні біотичні цикли кругообігу речовин, що призводить до порушення гомеостазу живих організмів.

Табл. 1. Гідрохімічні показники води поверхневих вод Житомирської області у межах басейну Дніпра

Table 1. Hydrochemical indicators of surface waters of Zhytomyr region within the Dnieper basin

Показник	ГДК риб-госп	Періоди спостережень (роки)					
		1992	2002	2003	2010	2015	2023
1	2	3	4	5	6	7	8
pH	6,5-8,5	7,8 7,75-7,8	7,75	8,27	7,6 7,9-8,2	7,8 5,9-8,3	7,5 6,9-8
Мутність, мг/дм³	-	3,44 0,47-7,53	32	-	36 10-46	40 50,7-70	54 54-91
Мінералізація, мг/дм³	1000	1431 726-3568	2638	2468	2249 1158-3233	2451 1555-3791	2851 2339-3238
Кисень, мг/дм³	≥6	10,8 9,8-12,5	9,94	-	7,8 3,1-12,7	5,5 2,5-8,3	6,6 5,8-7,5
Кальцій, мг/дм³	180	232 65-336	245	220	201 130-201	205 110-320	251 210-285
Магній, мг/дм³	40	174 34-302	143	137	122 61-188	125 73-182	155 134-182
Натрій і калій, мг/дм³	170	251 108-369	399	420	347 149-549	411 251-644	442 365-511
Гідрокарбонати, мг/дм³	-	272 191-317	299	195	247 183-317	237 201-281	278 227-330
Сульфати, мг/дм³	100	910 226-1488	1083	648	955 465-1463	1017 624-1753	1238 967-1464
Хлориди, мг/дм³	300	473 101-767	479	842	386 177-567	457 248-620	483 443-514
Амоній, мгN/дм³	0,39	1,44 0,31-2	0,31	1,9	0,1 0-0,2	0,9 0,1-2	0,2 0-0,7
Нітрити, мгN/дм³	0,02	0,09 0,06-0,13	0,098	2,5	0,1 0,1-0,2	0,5 0,1-1,4	0,1 0-0,2
Нітрати, мгN/дм³	9,1	0,83 0,54-1,16	28,2	2	7 2-21	12,2 4-28,5	5,7 0-19
Фосфати, мг/дм³	1	<1.5	0,03	-	0,3 0,1-0,6	0,152 0,01-0,46	0,09 0,04-0,14
Залізо, мг/дм³	0,1	0,26 0,2-0,3	0	0	0,1 0-0,2	0,2 0-0,5	0,1 0-0,2
СПАР, мг/дм³	0,01	0,18 0,02-0,37	-	-	0,2 0,1-0,2	0,163 0,11-0,21	0,153 0,125-0,26
$БСК_5$, мг/дм³	2	0,8 0,45-1,05	5,14	-	3,3 2,5-4,8	8,4 2,2-12,5	2,8 1,2-5,6
ХСК, мг/дм³	20	37,7	28,4	-	110 67,5-188	142,7 100-224	117 28,8-273
Нафтопродукти, мг/дм³	0,05	0,021 0,01-0,03	0,08	-	0	0,023 0,001-0,09	0,083 0,026-0,119
Кольоровість, °	-	-	-	-	39,4 24,5-65	47,2 22-60	16,2 5-30

Табл. 2. Об'єднана екологічна оцінка якості поверхневих вод Житомирської області у межах басейну Дніпра за блоковими (I_1, I_2, I_3) та екологічним індексом (I_E)

Table 2. Combined ecological assessment of surface water quality in Zhytomyr region within the Dnieper basin by block (I1, I2, I3) and ecological index (IE)

Річка	Значення	Екологічна оцінка			
		I3	I2	I3	IE
		клас	клас	клас	клас
р. Тетерів	найг.	II	III	III	III
	серед.	II	III	III	II
р. Гнилоп'ять	найг.	II	III	III	III
	серед.	II	III	III	II
р. Гуйва	найг.	II	III	-	II
	серед.	II	III	-	II
р. Лісова Кам'янка	найг.	II	IV	III	III
	серед.	II	III	III	III
р. Ірша	найг.	II	III	II	II
	серед.	II	III	II	II
р. Возня	найг.	II	II	-	II
	серед.	II	II	-	II
р. Ірпінь	найг.	II	III	II	II
	серед.	II	III	II	II
р. Роставиця	найг.	II	III	II	II
	серед.	II	III	II	II
р. Кам'янка	найг.	II	III	II	II
	серед.	II	III	II	II

Табл. 3. Оцінка якості води Житомирської області у межах басейну Дніпра за ІЗВ за сезонами

Table 3. Assessment of water quality in Zhytomyr region within the Dnieper basin by IWW by season

Сезон взяття проб	Оцінка якості					
	Для рибогосподарських цілей			Для культурно-побутових потреб		
	Значення ІЗВ	Клас якості	Характеристика	Значення ІЗВ	Клас якості	Характеристика
Весна	13,32	7	Надзвичайно брудна	1,9	3	Помірно забруднена
Літо	12,46	7	Надзвичайно брудна	2,02	3	Помірно забруднена
Осінь	8,7	6	Дуже брудна	1,77	3	Помірно забруднена
Зима	7,7	6	Дуже брудна	1,57	3	Помірно забруднена

Для оцінки кількісних змін водних ресурсів у зоні впливу урбанізованої території міста було розраховано середньорічний стік хімічних речовин (табл. 4). Цей показник представляє собою важливий інтегральний параметр, що характеризує процеси обміну речовин у водному середовищі (див. табл. 3).

Антропогенний вплив на водні ресурси в межах урбанізованої території урбоекосистем зумовлений здебільшого скиданням міських каналізаційних стічних вод. Показники таблиць 1-3 свідчить про «підвищений» рівень небезпеки, що чиниться на гідроекосистему, та вказує на значний антропогенний тиск.

Табл. 4. Середньорічний хімічний стік у зоні впливу урбоекосистем, тис. тонн
Table 4. Average annual chemical runoff in the zone of influence of urban ecosystems, thousand tons

Мінералізація	Сульфати	Хлориди	Азот амонійний	АПАР	Нітрати	Нітрити	Фосфати	Кальцій	Магній	Завислі речовини
1301	406,4	279,8	0,87	0,021	40,9	1,65	7,3	102,4	67,5	14,7

ВИСНОВКИ

Отже, моніторинг підтверджує стабільний техногенний тиск на річки Житомирщини. Більшість показників, зокрема мінералізація (до 2851 мг/дм³ у 2023 р.), сульфати, хлориди та біогенні сполуки, систематично перевищують рибогосподарські ГДК. Також виявлено глибоке розшарування стану вод. За рибогосподарськими вимогами річкова вода є «надзвичайно брудною» навесні й улітку та «дуже брудною» в осінньо-зимовий період. Головне джерело забруднення – скиди міської каналізації та поверхневий стік. Середньорічний хімічний стік фіксує масштабне винесення речовин (мінералізація – 1284 тис. т, сульфати – 402,9 тис. т, завислі речовини – 15,4 тис. т). Для уникнення погіршення ситуації необхідно перейти до активного басейнового управління – модернізації очисних споруд, захисту малих річок від замулення та оптимізація місцевих водоохоронних програм.

ЕТИЧНА ДЕКЛАРАЦІЯ

Автор не має жодних відповідних фінансових чи нефінансових інтересів, про які варто повідомляти.

ДЕКЛАРАЦІЯ З ВИКОРИСТАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Під час підготовки роботи використано ChatGPT (GPT-4o, «OpenAI Global», LLC.), червень 2026 р., для перевірки граматики та стилістичного редагування. Усі змістові положення, висновки та добір джерел виконано автором особисто; кожне джерело перевірено за оригіналом.

ЛІТЕРАТУРА

1. **World** water assessment programme. UN World Water Development Report 2022. URL: https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2022/

2. **National** systems to support drinking-water, sanitation and hygiene: global status report 2019. UN-water global analysis and assessment of sanitation and drinking-water (GLAAS) 2019 report. Geneva: World Health Organization; 2019. URL: https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2020/04/UN-Water-Global-Analysis-and-Assessment-of-Sanitation-and-Drinking-Water-GLAAS_2019_eng.pdf

3. **Хільчевський В. К., Ромась І. М., Ромась М. І., Гребінь В. В., Шевчук І. О., Чунарьов О. В.** Гідролого-гідрохімічна характеристика мінімального стоку річок басейну Дніпра. Київ: Ніка-Центр, 2007. 256 с.

4. **Ободовський О. Г., Лукянець О. І., Почаєвець О. О.** Руслові процеси річки Тетерів у контексті гідроморфологічної оцінки // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2016. № 2. С. 64-76.

5. **Яцюк М. В., Чунарьов О. В., Набиванець Ю. Б.** Методичні основи розроблення плану управління річковим басейном. Київ: Інтерсервіс, 2019. 148 с.

6. **Сташук В. А., Яцюк М. В., Чунарьов О. В.** Наукові засади раціонального використання водних ресурсів України за басейновим принципом. Київ: Наука, 2014. 120 с.

7. **Афанасьєв С. А., Летицька О. М., Багнюк В. М.** Оцінка екологічного стану річки Тетерів за структурно-функціональними характеристиками донних угруповань // Наукові записки Тернопільського педагогічного університету. Серія: Біологія. 2010. Вип. 2(43). С. 3-12.

8. **Щербак В. І., Ковальова Н. В., Семенюк Н. Є.** Функціональна характеристика фітопланктону водних об'єктів урбанізованих територій // Доповіді Національної академії наук України. 2016. № 6. С. 122-129.

9. **Томільцева А. І., Яцик А. В., Мокін В. Б., та ін.** Екологічні основи управління водними ресурсами // Вінниця: Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 304 с.

10. **Han S., Koo D., Kim Y., Kim S., Park J.** Gap analysis based decision support methodology to

improve level of service of water services // Sustainability. 2017. Vol. 9(9). P. 1578. https://doi.org/10.3390/SU9091578.
11. **Renouf M., Serrao-Neumann S., Kenway S., Morgan E., Choy D.** Urban water metabolism indicators derived from a water mass balance – Bridging the gap between visions and performance assessment of urban water resource management // Water Research. 2017. Vol. 122. P. 669-677. https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.05.060 .
12. **Prochnow A., Drastig K., Klauss H., Berg W.** Water use indicators at farm scale: methodology and case study // Food and Energy Security. 2012. Vol. 1(1). P. 29-46. https://doi.org/10.1002/FES3.6
13. **Peters-Lidard C., Rose K., Kiang J., Strobel M., Anderson M., Byrd A., Kolian M., Brekke L., Arndt D.** Indicators of climate change impacts on the water cycle and water management // Climatic Change. 2021. Vol. 165. P. 54. https://doi.org/10.1007/s10584-021-03057-5
14. **Conway T.M., Lathrop R.G.** Alternative land use regulations and environmental impacts: assessing future land use in an urbanizing watershed // Landscape and Urban Planning. 2005, 71(1), 1–15. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.08.005
15. **Yu D., Shi P., Liu Y., Xun B.** Detecting land use-water quality relationships from the viewpoint of ecological restoration in an urban area // Ecological Engineering. 2013, 53, 205–216. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.12.045
16. **Junguo L., Qingying L., Hong Y.** Assessing water scarcity by simultaneously considering environmental flow requirements, water quantity and water quality // Ecological Indicators. 2016, 60, 434–441. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.07.019
17. **Arfanuzzaman M., Atiq Rahman A.** Sustainable water demand management in the face of rapid urbanization and ground water depletion for social-ecological resilience building // Global Ecology and Conservation. 2017, 10, 9–22. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2017.01.005
18. **Кордюм А. Б.** Деякі аспекти складання довгострокового водогосподарського балансу // Меліорація і водне господарство. 2014, 101, 71–77. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mivg_2014_101_11
19. **Хвесик М. А., Левковська Л. В., Сундук А. М.** Системний підхід до економічної оцінки водних ресурсів України та регіонів // Вісн. НАН України. 2016, 7, 43–55. https://doi.org/10.15407/visn2016.07.043
20. **Зацерковний В. І., Плічко Л. В.** Аналіз системи управління водогосподарським комплексом України та пошук шляхів щодо її вдосконалення // Наукоємні технології. 2017, 4(36), 358–367. https://doi.org/10.18372/2310-5461.36.12236
21. **Безпека** водних ресурсів України у глобальному вимірі : [монографія] / [за заг. ред. д.е.н., проф., академіка НААН України М.А. Хвесика]. Київ : Державна установа «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку Національної академії наук України», 2013. 500 с. ISBN 978-966-2501-14-8
22. **Урбогенный** характер создания дефицита водных ресурсов в регионах Украины / Васютинская Е.А., Барбашев С.В., Киминчиджи М. И. // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення : зб. наук. статей ХУ Міжнародної науко-практичної конференції (м. Харків, 9-13 вересня 2019 року). Харків : Райдер, 2019. С. 82–87.
23. **Udod V.M., Trofimovych V.V., Jaciv M. Ju.** *Ekologichni kryterii' ocinky jakosti vody gidroekosystem na prykladi vodozbirnogo basejnu r. Prut* // Ekologichna bezpeka ta pryrodokorystuvannja, 2010. Vol. 5, pp. 84–93.

REFERENCES

1. **United Nations (2022).** *World water assessment programme*. UN World Water Development Report 2022. Retrieved from https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2022/
2. **United Nations Water (2019).** *National systems to support drinking-water, sanitation and hygiene: global status report 2019*. Geneva: World Health Organization; 2019. Retrieved from https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2020/04/UN-Water-Global-Analysis-and-Assessment-of-Sanitation-and-Drinking-Water-GLAAS_2019_eng.pdf
3. **Khilchevsky, V. K., Romas, I. M., Romas, M. I., Hrebin, V. V., Shevchuk, I. O., & Chunaryov, O. V. (2007).** *Hydrological and hydrochemical characteristics of the minimum flow of rivers of the Dnieper basin*. Kyiv: Nika-Center. [in Ukrainian]
4. **Obodovsky, O. G., Lukyanets, O. I., & Pochayevets, O. O. (2016).** Channel processes of the Teteriv River in the context of hydromorphological assessment. *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology. 2*. 64-76. [in Ukrainin]
5. **Yatsyuk, M. V., Chunaryov, O. V., & Nabyvanets, Yu. B. (2019).** *Methodological foundations for developing a river basin*

management plan. Kyiv: Interservice. [in Ukrainian]

6. **Stashuk, V. A., Yatsyuk, M. V., & Chunaryov, O. V. (2014).** *Scientific principles of rational use of water resources of Ukraine according to the basin principle*. Kyiv: Nauka. [in Ukrainian]

7. **Afanasiev, S. A., Letytska, O. M., & Bahnyuk, V. M. (2010).** Assessment of the ecological state of the Teteriv River based on the structural and functional characteristics of bottom communities. *Scientific notes of the Ternopil Pedagogical University*. *Series: Biology. 2*(43). 3-12. [in Ukrainian]

8. **Shcherbak, V. I., Kovaleva, N. V., & Semenyuk, N. Ye. (2016).** Functional characteristics of phytoplankton of water bodies of urbanized territories. *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine, 6*. 122-129.

9. **Tomiltseva, A. I., Yatsyk, A. V., Mokin, V. B., et al. (2017).** *Ecological foundations of water resources management*. Vinnytsia: Institute of Ecological Management and Balanced Nature Management. [in Ukrainian]

10. **Han, S., Koo, D., Kim, Y., Kim, S., & Park, J. (2017).** Gap Analysis Based Decision Support Methodology to Improve Level of Service of Water Services. *Sustainability, 9*(9), 1578. https://doi.org/10.3390/su9091578

11. **Renouf, M. A., Serrao-Neumann, S., Kenway, S. J., Morgan, E. A., & Low Choy, D. (2017).** Urban water metabolism indicators derived from a water mass balance – Bridging the gap between visions and performance assessment of urban water resource management. *Water Research, 122*, 669–677. https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.05.060

12. **Prochnow, A., Drastig, K., Klauss, H., & Berg, W. (2012).** Water use indicators at farm scale: methodology and case study. *Food and Energy Security, 1*(1), 29–46. Portico. https://doi.org/10.1002/fes3.6

13. **Peters-Lidard, C. D., Rose, K. C., Kiang, J. E., Strobel, M. L., Anderson, M. L., Byrd, A. R., Kolian, M. J., Brekke, L. D., & Arndt, D. S. (2021).** Indicators of climate change impacts on the water cycle and water management. *Climatic Change, 165*(1-2). https://doi.org/10.1007/s10584-021-03057-5

14. **Conway, T. M., & Lathrop, R. G. (2005).** Alternative land use regulations and environmental impacts: assessing future land use in an urbanizing watershed. *Landscape and Urban Planning, 71*(1), 1–15. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.08.005

15. **Yu, D., Shi, P., Liu, Y., & Xun, B. (2013).** Detecting land use-water quality relationships from the viewpoint of ecological restoration in an urban area. *Ecological Engineering, 53*, 205–216. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.12.045

16. **Liu, J., Liu, Q., & Yang, H. (2016).** Assessing water scarcity by simultaneously considering environmental flow requirements, water quantity, and water quality. *Ecological Indicators, 60*, 434–441. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.07.019

17. **Arfanuzzaman, Md., & Atiq Rahman, A. (2017).** Sustainable water demand management in the face of rapid urbanization and ground water depletion for social–ecological resilience building. *Global Ecology and Conservation, 10*, 9–22. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2017.01.005

18. **Kordyum, A. B. (2014).** Some aspects of compiling a long-term water management balance. *Land reclamation and water management. 101*, 71–77. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mivg_2014_101_11

19. **Khvesyk, M. A., Levkovska, L. V., & Sunduk, A. M. (2016).** Systemic approach to economic assessment of water resources of Ukraine and regions. *Visnyk Nacionalnoi Academii Nauk Ukrainy*, (7). https://doi.org/10.15407/visn2016.07.043.

20. **Zatserkovny, V. I., & Plichko, L. V. (2017).** Analysis system of the water management complex in Ukraine and the search for ways to improve. *Science-Based Technologies, 36*(4). https://doi.org/10.18372/2310-5461.36.12236

21. **Khvesyk, M. A. (ed.) (2013).** *Security of water resources of Ukraine in the global dimension*: [monograph] Kyiv: State Institution "Institute of Environmental Economics and Sustainable Development of the National Academy of Sciences of Ukraine". [in Ukrainian]

22. **Vasyutinskaya, E. A., Barbashev, S. V., & Kiminchidzhi, M. I. (2019).** Urban nature of the creation of water resource deficit in regions of Ukraine. *Environmental safety: problems and solutions*: collection of scientific papers of the 15th International Scientific and Practical Conference (Kharkiv, September 9-13, 2019). Kharkiv: Ryder, 82–87. [in Ukrainian]

24. **Udod, V. M., Trofimovych, V. V., Jaciv, M. Ju. (2010).** *Ekologichni kryterii' ocinky jakosti vody gidroekosystem na prykladi vodozbirnogo basejnu r. Prut* [Ecological criteria for water quality assessment of hydroecosystems on the example of the Prut river basin]. *Ekologichna bezpeka ta pryrodokorystuvannja*, *5*, 84–93. [in Ukrainian]

Scientific and methodological aspects of assessing the impact of urban areas on aquatic ecosystems

Olena Zhukova, Ihor Prokopenko, Iryna Lyashok, Pavlo Starzhynskyi, Yaroslav Terendiy

Abstract. The article presents a comprehensive study of the ecological state and quality characteristics of surface waters of the Zhytomyr region within the Dnieper basin under conditions of intensive anthropogenic and urban loads. The long-term dynamics of hydrochemical indicators over a long period of observation (1992–2023) is analyzed. A combined ecological assessment of water quality is carried out using block indices (I1, I2, I3) and the integral ecological index (IE) for nine key rivers of the region, including the Teteriv, Hnylopyat, Huyva, Lisova Kamyanka, Irsha, Voznia, Irpin, Rostavytsia and Kamyanka rivers. The seasonal features of the change in the water pollution index (WPI) for fishery and cultural and domestic needs are determined, and the average annual chemical runoff in the zone of influence of urban areas is also calculated. It was found that despite the high declared degree of wastewater treatment, urban sewage discharges significantly exceed the maximum permissible concentrations (MPC) of a number of pollutants. The need to improve methods of environmental assessment and implement integrated basin management to ensure the environmental safety of Ukraine's water resources is substantiated.

Keywords: urban ecosystems, monitoring, environmental safety, water environment, urban environment, environmental problems.

Дата першого надходження рукопису 08.07.2026
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування 20.07.2026
Дата публікації 31.08.2026