

ЕКОЛОГІЯ

УДК 502.51(282):574.64

Оцінка стану водної екосистеми річки Кам'янка Білоцерківського району Київської області

Веред П.І. , Герасименко В.Ю. , Бітюцький В.С. ,
Присяжнюк Н.М. , Цехмістренко С.І. , Куновський Ю.В. 

Білоцерківський національний аграрний університет

Веред П.І. E-mail: vered.petro@ukr.net



Веред П.І., Герасименко В.Ю., Бітюцький В.С., Присяжнюк Н.М., Цехмістренко С.І., Куновський Ю.В. Оцінка стану водної екосистеми річки Кам'янка Білоцерківського району Київської області. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2025. № 2. С. 111–120.

Vered P., Herasymenko V., Bityutskyy V., Prysiazhniuk N., Tsekhmistrenko S., Kunovsky Y. Assessment of the Status of the Kamianka River Aquatic Ecosystem in the Bila Tserkva District, Kyiv Region. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2025. № 2. PP. 111–120.

Рукопис отримано: 01.10.2025 р.

Прийнято: 14.10.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2025-198-2-111-120

Проведено комплексне оцінювання екологічного стану річки Кам'янка Білоцерківському районі Київської області (села Пищики та Фурси) із застосуванням методів біоіндикації, гідрохімічного аналізу та радіологічного контролю. Дослідження флуктуючої асиметрії меристичних ознак карася сріблястого (*Carassius gibelio*) використано як біоіндикаційний метод оцінювання якості водного середовища. Визначено гідрохімічні показники води (рН, TDS, ОБП) та проведено дослідження питомої активності і розрахунок щільності радіоактивного забруднення прибережної зони ^{137}Cs і ^{90}Sr . Дослідження проводились у квітні 2025 року, який характеризувався поступовим зростанням температури за відсутності пікових евтрофних процесів. Водночас у цей період відмічали інтенсивні опади, що в комплексі з агроландшафтами, які оточують річку, несе потенційну екологічну небезпеку.

Об'єктами дослідження були проби води та прибережного ґрунту, донні відклади та біоіндикатор – типовий представник гідробіонтів – карась сріблястий (*Carassius gibelio*). Встановлено, що показники TDS нижче греблі є статистично вірогідно вищими, однак не виходять за межі гранично допустимих концентрацій. Відзначено нормальне значення рН середовища із характеристикою стану «добрий». Значення окисно-відновного потенціалу (в межах 176–185 mV) відображає окисну геохімічну ситуацію, яка свідчить про присутність вільного кисню у воді, особливо нижче греблі, та низки елементів у найвищій формі їх валентності. Дослідження флуктуючої асиметрії розвитку карася сріблястого виявило, що навіть за відносно безпечних гідрохімічних показників води у досліджуваній період на організм гідробіонтів спричинено негативний вплив середовища їх існування. Це обґрунтовує необхідність застосування складних лабораторних досліджень (молекулярних та біохімічних), а також проведення повторних досліджень в інші періоди року, особливо під час піку евтрофних процесів. Визначено наявність та розраховано щільність забруднення штучними довгоживучими біологічно активними радіонуклідами ^{137}Cs і ^{90}Sr прибережної зони річки Кам'янка в чотирьох локаціях сіл Пищики та Фурси Білоцерківського району Київської області. Встановлено, що радіоактивне забруднення має мозаїчний характер, проте щільність забруднення ґрунтів не перевищує критичних значень і відповідає умовно чистим територіям.

Ключові слова: екотоксикант, екологічний стан, водна екосистема, гідробіонти, якість води, ОБП, TDS, рН, радіонукліди ^{137}Cs і ^{90}Sr , прибережна зона, біоіндикація.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. У 2011 році вперше за всю світову історію попит на прісну воду перевищив її наявні ресурси. За прогнозами ООН, які справдилися, у період до 2025 року близько половини держав світу вже потерпають від браку якісної та безпечної питної води, внаслідок чого можливе поширення епідемій, епізоотій, інвазій, голоду, масового переселення народів і важкопрогнозованих наслідків [1], включаючи військові конфлікти, як це сталося, наприклад, між Індією та Пакистаном. Міжнародна міжурядова група експертів з питань зміни клімату (IPCC) оприлюднила звіт, акцентуючи увагу на тому, що попри значні зусилля щодо мінімізації емісії парникових газів, температура зростатиме ще щонайменше до 2050 року. Серйозні кліматичні зміни, спричинені перманентними викидами парникових газів, є незворотними протягом століть, зокрема зміни в океанах, льодовикових покривах та зміні глобального рівня моря [2]. Вода є вкрай уразливим ресурсом. У сучасній складній екологічній ситуації однією з пріоритетних проблем гідросфери є перманентне забруднення басейнів малих річок, які через свої особливості є найбільш уразливими до дії екотоксичних факторів. Це пов'язано насамперед з відносно незначними водозбірними площами.

Відмінність малих річок від великих полягає не тільки в їх довжині чи площі басейну. Вони вирізняються передусім ступенем залежності властивих їм біопроектів від навколишнього водозбору. Малі річки є початковою ланкою річкової мережі, і всі зміни в їх режимі, безперечно, позначаються на всьому гідрографічному ланцюгу [3–5]. Доведено, що саме малі річки значною мірою впливають на гідрохімічний склад та якість води середніх і великих річок. Саме в їх басейнах формується понад 60 % водних ресурсів України [6, 7].

Річка Кам'янка має довжину 105 км, а площу басейну 800 км². Її долина характеризується трапецієподібною формою. Річище звивисте. Кам'янка протікає територією Київської та Житомирської областей. Вздовж берегів наявні заплавні листяні та мішані типи лісів. На берегах Кам'янки переважають косовища, пасовища, а також відмічено агроландшафти. Берегова лінія здебільшого є пологою. В деяких місцях відмічають круті береги із виступами кристалічних порід. Максимальна глибина Кам'янки перевищує 2 метри. Військові дії в Україні призвели до значних змін у сировинній базі та різкого зни-

ження обсягів вилову морських гідробіонтів. Це, відповідно, зумовило необхідність перегляду об'єктів продовольчо-сировинної бази для забезпечення збалансованим повноцінним харчуванням, зокрема продукцією гідробіонтів, яка містить у своєму складі есенціальні речовини. Після підписання Україною Угоди про асоціацію з Європейським Союзом перед нашою країною постають нові амбітні завдання щодо забезпечення «доброго» статусу водних ресурсів. Відповідно до Водної рамкової директиви, екологічний стан водного об'єкта є інтегрованим показником якості, який визначають за гідробіологічними, гідроморфологічними та гідрохімічними показниками, що є життєво важливими для водних екосистем [8, 9]. Особливої уваги заслуговує вивчення закономірностей реакцій гідробіонтів на зміни умов навколишнього природного середовища. Значне забруднення водного середовища токсичними речовинами призводить до зниження видового розмаїття гідробіонтів, а використання гідробіонтів як біоіндикаторів дає змогу зробити висновки про вплив таких речовин [10]. Нині відбувається зміна парадигми моніторингу поверхневих водних об'єктів [11].

Внаслідок Чорнобильської катастрофи значні частини водних екосистем лісостепової зони на південь від Києва зазнали забруднення штучними довгоживучими біологічно активними радіонуклідами ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr. З часом, унаслідок розпаду цих радіонуклідів, площа територій із радіоактивним забрудненням зменшується. Проте, незважаючи на тривалий час, що минув (понад три з половиною десятиліття після Чорнобильської катастрофи), проблема радіоактивного забруднення й нині залишається актуальною, адже, як показують дослідження, навіть на відносно безпечних територіях лісостепової зони можна виявити значні локальні ділянки радіоактивного забруднення штучними радіонуклідами ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr, яких до катастрофи в природних екосистемах не існувало [12–14].

Враховуючи сучасний екологічний стан річок нашої держави, не можна нехтувати токсикологічною безпекою продукції гідробіонтів. Це має пріоритетне практичне значення та є предметом досліджень науковців як в Україні, так і за її межами [10, 15–17]. Як зазначено у роботі [18], тенденції до перманентного забруднення водойм з часом лише посилюються практично по всій території Київської області. Пріоритетними причинами зростання забруднення є недостатня якість очищення стічних вод, що скидають

водокористувачі різної форми власності, а також несанкціоноване забруднення річок та їх приток.

Причепа М.В. (2020) [19] описав характеристики рибного складу лівих приток Росі – річок Кам'янка та Протока. Встановлено відповідний видовий склад, що включає 30 видів для річки Кам'янка та 20 видів для річки Протока. У цих водоймах переважають риби евритопної екологічної групи, фітофіли та зообентофаги. В Кам'янці встановлено високий рівень біотопічного різноманіття. Виявлено види риб з Резолюції 6, прийнятої для створення «Смарагдової мережі»: гірчак європейський *Rhodeus amarus* (Bloch, 1782), щипавка звичайна *Cobitis taenia* (s.l.) Linnaeus, 1758, в'юн звичайний *Misgurnus fossilis* (Linnaeus, 1758). Окремі автори звертають увагу на необхідність інтегральних підходів, які б дали змогу об'єктивно оцінити стійкість та стабільність водойм і визначити фактори середовища, що впливають на біоту водних екосистем унаслідок антропогенної діяльності [20, 21].

Особливої уваги заслуговує визначення окисно-відновного потенціалу (ОВП) води. Використання так званої активованої води високої якості (з від'ємним ОВП) у харчуванні людей останнім часом активно розвивається у США, Канаді, Франції, Німеччині, Австрії, Ізраїлі, Австралії, арабських країнах тощо. Доведено, що регулярне споживання такої води сприяє посиленню антиоксидантного захисту організму від несприятливих впливів окиснювальних факторів харчування та навколишнього природного середовища, активізації внутрішньоклітинних метаболічних процесів, нейтралізації токсичних речовин, забезпеченню стабільності внутрішньої екології організму [22, 23]. Дослідження міграції радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr в умовах центрального лісостепу України у віддалений період після Чорнобильської катастрофи проводились низкою науковців [12–14, 24–26]. Встановлено, що цезій має здатність міцно фіксуватися у кристалічній решітці глинистих мінералів ґрунту й ставати недоступним для засвоєння кореневою системою рослин, тоді як стронцій перебуває переважно в мобільних формах.

Сьогодні актуальною є оцінювання якості води не лише за вмістом хімічних складників, а й за рахунок визначення хімічного статусу водойми водночас з обов'язковим встановленням екологічного стану, що ми і з'ясували у нашій роботі в ситуації з річкою Кам'янка.

Метою дослідження є комплексне оцінювання екологічного стану водної екосисте-

ми річки Кам'янка Білоцерківського району Київської області із застосуванням методів біоіндикації, гідрохімічного аналізу та радіологічного контролю.

Матеріали та методи досліджень. Проби відбирали на ділянці річки Кам'янка у Білоцерківському районі Київської області (в межах сіл Пищики та Фурси) у чотирьох локаціях: дві до греблі та дві після греблі з метою порівняння ділянок річки з різними екологічними умовами (табл. 1).

Таблиця 1 – Координати точок відбору проб

№ точки досліджень	Координати
1	49°49'5.44"Пн 29°58'10.01"С
2	49°48'25.74"Пн 29°59'19.23"С
3	49°48'28.02"Пн 30° 0'15.52"С
4	49°48'25.62"Пн 30° 0'14.78"С

Дослідження проводились у квітні 2025 року, який характеризувався поступовим зростанням температури води за відсутності пікових евтрофних процесів. Об'єктами дослідження були проби води та прибережного ґрунту, донні відклади та типовий представник гідробіонтів – карась сріблястий (*Carassius gibelio*). Відбір проб води та ґрунту проведено відповідно до нормативних вимог [27]. Збір іхтіологічного матеріалу для біоіндикаційних досліджень відбувався шляхом огляду улову рибалок-аматорів. Кількість дослідженої риби складала 10 особин.

Визначення рН, ОВП та TDS води проводили безпосередньо на місці взяття проб за допомогою приладу Ezodo 7200 (рН-, ОВП-метр, солемір, водонепроникний тестер стандарту IP-57 СС). Перед польовими дослідженнями електроди для вимірювання було відкалібровано з використанням стандартних буферних розчинів. Кількість вимірювань значень показників для кожної проби води складала 5 повторностей.

Для визначення флуктуючої асиметрії у риби вивчали асиметрію парних ознак, зокрема кількість променів у черевних та грудних плавцях, кількість зябрових тичинок та лусочок у бічній лінії гідробіонтів. Для аналізу показників обчислювали середнє значення асиметричних проявів ознак (ЧАП) на особину. Оцінювання якості середовища існування досліджуваних риб проводили у балах відповідно до загальноприйнятої методики.

Зразки для радіоактивної оцінки відбирали в прибережній зоні. Визначення радіоактивного фону проводили дозиметром-радіометром МКС-05 «Терра». Для визначення щільності забруднення відібрано проби прибережного ґрунту у чотирьох локаціях, які в подальшому досліджували в лабораторії кафедри безпеки життєдіяльності Білоцерківського НАУ.

Для визначення активності ^{137}Cs використовували метод сцинтиляційної гама-спектрометрії, а ^{90}Sr – бета-спектрометрії на УСК «Гамма Плюс» з програмним забезпеченням «Прогрес 2000». Згідно із щорічною повіркою приладу, похибка вимірювань залежно від активності зразків становила $\pm 10\text{--}30\%$ ($P=0,95$).

Активність ^{137}Cs визначали в посудині Марінеллі об'ємом 1 л у нативних зразках або після їх фізичного концентрування на гама-спектрометричному тракті. Активність ^{90}Sr визначали після селективного радіохімічного виділення оксалатним методом на бета-спектрометричному тракті УСК «Гамма Плюс» із сцинтиляційними детекторами [28].

Статистичну обробку даних проводили загальноприйнятими методами варіаційної статистики з використанням програмного забезпечення.

Результати досліджень та обговорення. Окисно-відновний потенціал води досліджуваної ділянки річки Кам'янка варіював у межах 174,4–184,6 mV, що свідчить про стійку окисну геохімічну ситуацію у водному середовищі (табл. 2).

На ділянках до греблі (точки 1 і 2) зареєстровано вищі значення ОВП: $183,8 \pm 0,9$ mV та $184,6 \pm 0,7$ mV відповідно, тоді як після греблі (точки 3 і 4) показники були нижчими: $174,4 \pm 0,6$ mV та $175,8 \pm 0,7$ mV. Різниця між ділянками становить приблизно 8–10 mV і є статистично значущою.

Позитивні значення ОВП у всіх досліджуваних точках характеризують окисну геохімічну ситуацію, яка визначається наявністю вільного розчиненого кисню у воді. За таких умов у водному середовищі присутні хімічні

елементи здебільшого у найвищій формі своєї валентності (Fe^{3+} , Mn^{4+} , NO_3^- , SO_4^{2-}), що є сприятливим з екологічної точки зору. Дещо нижчі значення ОВП на ділянках після греблі можуть бути пов'язані з накопиченням органічної речовини та інтенсифікацією біологічних процесів у застійних зонах перед гідротехнічною спорудою, що призводить до часткового споживання кисню.

Незначне зниження ОВП після греблі, незважаючи на очікуване збагачення води киснем через турбулентне перемішування, може вказувати на надходження додаткових джерел органічного забруднення нижче за течією або зміну гідродинамічного режиму річки. Водночас усі зареєстровані значення ОВП перевищують критичний рівень 150 mV, що є позитивною характеристикою якості води.

Водневий показник води річки Кам'янка у всіх досліджуваних точках знаходився в межах норми (6,5–8,5) та становив 8,1–8,4, що відповідає слаболужній реакції середовища. На ділянці до греблі зареєстровано рН 8,3 (точка 1) та 8,1 (точка 2), тоді як після греблі показник становив 8,4 у обох точках відбору (точки 3 і 4).

Слаболужна реакція води є типовою для поверхневих водних об'єктів України та обумовлена наявністю в річковому басейні карбонатних порід, які забезпечують буферну ємність води. Значення рН у діапазоні 8,1–8,4 відповідає характеристиці стану «добрий» згідно з класифікацією якості поверхневих вод. За таких умов рН створюються сприятливі умови для існування гідробіонтів, оскільки більшість прісноводних організмів оптимально розвиваються за рН 6,5–8,5.

Незначне підвищення рН після греблі (з 8,1–8,3 до 8,4) може бути пов'язане з інтенсифікацією фотосинтетичних процесів у прибережній зоні та споживанням вуглекислого газу водною рослинністю, що призводить до зміщення карбонатної рівноваги в бік підвищення лужності. Стабільність показника рН у межах норми свідчить про достатню буферну ємність води та відсутність суттєвого техногенного забруднення кислотного або лужного характеру.

Таблиця 2 – Гідрохімічні показники води досліджуваної ділянки річки Кам'янка

№ з/п	Параметри	Точки відбору			
		1	2	3	4
1	ОВП, mV	$183,8 \pm 0,9$	$184,6 \pm 0,7$	$174,4 \pm 0,6$	$175,8 \pm 0,7$
2	pH	8,3	8,1	8,4	8,4
3	TDS, ppm	$284,2 \pm 0,9$	$282,2 \pm 0,6$	$338,4 \pm 1,1$	$340,6 \pm 1,3$

Показник загального вмісту розчинених твердих речовин (Total Dissolved Solids, TDS) виявив статистично значущу різницю між ділянками до та після греблі. На ділянках до греблі (точки 1 і 2) TDS становив $284,2 \pm 10,9$ ppm та $282,2 \pm 0,6$ ppm відповідно, тоді як після греблі (точки 3 і 4) показник збільшився до $338,4 \pm 1,1$ ppm та $340,6 \pm 1,3$ ppm. Різниця становить приблизно 54–58 ppm або близько 19–20 % ($p < 0,05$).

Підвищення TDS нижче греблі може бути обумовлено кількома факторами. По-перше, у зоні греблі відбувається уповільнення течії води, що сприяє акумуляції розчинених речовин. По-друге, можливе надходження додаткових джерел мінералізації з прибережної зони або дифузних джерел забруднення (поверхневий стік з агроландшафтів, що оточують річку). По-третє, інтенсифікація біогеохімічних процесів у придонних відкладах може призводити до вивільнення іонів у водну товщу.

Проте, незважаючи на підвищення TDS після греблі, абсолютні значення показника (284–341 ppm) не виходять за межі гранично допустимих концентрацій згідно з Держсанпін 2.2.4-171-10 (до 1000 ppm для питної води). За класифікацією мінералізації вод, досліджувана вода належить до категорії прісних вод із помірною мінералізацією, що є прийнятним для існування більшості гідробіонтів та використання води для рибогосподарських цілей.

Комплексний аналіз гідрохімічних показників дозволяє охарактеризувати воду річки Кам'янка на досліджуваній ділянці як умовно чисту з ознаками антропогенного навантаження помірного рівня. Всі три досліджені параметри (ОВП, pH, TDS) знаходяться в межах нормативних значень, що свідчить про відносно задовільний гідрохімічний стан водного об'єкта. Водночас виявлені статистично вірогідні відмінності між ділянками до та після греблі (особливо за показником TDS) вказують на наявність локальних джерел забруднення або зміну гідрологічного режиму, що потребує додаткового вивчення та моніторингу у різні сезони року.

Оцінювання стабільності розвитку популяції сріблястого карася (*Carassius gibelio*) проводилося на основі аналізу флуктуючої асиметрії (ФА) меристичних ознак (кількість променів у грудних та черевних плавцях, кількість лусок у бічній лінії). ФА відо-

бражає рівень стресу, якому піддається організм під час онтогенезу, і є високочутливим індикатором неспецифічного антропогенного навантаження. Чим вище значення індексу ФА, тим нижча стабільність розвитку та вищий рівень екологічного стресу.

Результати розрахунку середнього інтегрального показника ФА на контрольних створах річки Кам'янка демонструють статистично значуще підвищення показника ФА у популяції карася в створі нижче гідротехнічної споруди. Згідно з екологічними класифікаціями, показники відповідають помірному (середньому) рівню антропогенного навантаження на водну екосистему. Проте, різниця між створами вказує на наступні чинники:

1. Гідрологічний стрес: Гребля змінює природний гідрологічний режим, спричиняючи підвищену турбулентність та зміну швидкості течії нижче споруди, що є додатковим механічним та енергетичним стресом для риб.

2. Акумулятивний ефект: Хоча прямі гідрохімічні показники (TDS) не перевищують ГДК, підвищення ФА у нижньому створі є індикатором кумулятивного впливу комплексу факторів (зростання мінералізації, потенційний стік пестицидів/добрив із агроландшафту та зміна гідрології).

Після цього, нами було проведено інтегральну оцінку якості середовища існування досліджуваних риб за бальною шкалою, у результаті чого розрахований коефіцієнт якості водного середовища склав 0,44 бала. Отримане значення відповідає діапазону, який прийнято відносити до категорії «слабо забруднена вода», тобто до умов із помірним антропогенним навантаженням. Це означає, що у дослідних ділянках водотоку відсутні ознаки грубого техногенного забруднення, проте фіксується певне відхилення гідрохімічних та/або гідробіологічних показників від умов, характерних для води високої якості.

З екологічної точки зору отриманий рівень забруднення свідчить, що середовище загалом є придатним для існування та росту риб, однак може створювати додаткове функціональне навантаження на їх фізіолого-біохімічні системи (антиоксидантний захист, детоксикаційні механізми, імунна відповідь). У таких умовах можливий помірний хронічний стрес, який не призводить до негайної загибелі або різкого зниження чисельності,

але здатен впливати на темпи росту, репродуктивну здатність та стійкість риб до додаткових несприятливих факторів (коливання температури, кисневий дефіцит, додаткові дози забруднювачів). Значення коефіцієнта 0,44 бала, з одного боку, підтверджує відсутність критичного рівня деградації середовища, а з іншого – вказує на необхідність подальшого моніторингу та впровадження профілактичних природоохоронних заходів з метою запобігання переходу від «слабо забрудненого» до більш несприятливих категорій якості води.

Таким чином, біоіндикаційний аналіз засвідчив, що зона нижче греблі має нижчу стабільність розвитку популяції, що відображає її більшу уразливість до зовнішніх впливів порівняно з умовно фоновією зоною.

Результати радіоактивних досліджень показали, що гама-фон становив 8–20 мкР/год, що відповідає природному фону даної місцевості. Це пояснюється виходом на поверхню гранітних порід, які є природним джерелом радіоактивності.

Для детального визначення радіоактивного забруднення ґрунтів прибережної зони досліджено питому активність ^{137}Cs і ^{90}Sr у відібраних зразках ґрунту в чотирьох локаціях у верхньому 0–20 см шарі (табл. 3).

З отриманих даних можна зробити висновок, що характер радіоактивних випадіння має контрастний мозаїчний характер, що може спричинити несподівані варіації у концентраціях радіонуклідів. Проте в даному випадку радіоактивне забруднення є незначним і не перевищує 37 кБк/м² (не більше 1 Кі/км²), тобто досліджувані локації знаходяться на умовно чистих територіях згідно із Законом України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи». Для оцінювання біологічної міграції досліджено фізико-хімічні форми знаходження цих штучних біологічно активних радіонуклідів (табл. 4).

Отримані результати пояснюються здатністю цезію до необмінної фіксації кристалічною решіткою глинистих мінералів ґрунту на відміну від стронцію, якому властива обмінна фіксація. Тому в обмінній формі знаходиться 43,53 % ^{90}Sr та лише 1,15 % ^{137}Cs . Отже, ^{90}Sr більш інтенсивно включається в міграційні процеси порівняно з ^{137}Cs .

Отримані результати узгоджуються з літературними даними, які свідчать, що цезій має здатність міцно фіксуватися у кристалічній решітці глинистих мінералів ґрунту й ставати недоступним для засвоєння кореневою системою рослин, тоді як стронцій перебуває переважно у мобільних формах [24–26].

Таблиця 3 – Радіоактивне забруднення прибережної зони річки Кам'янка ($M \pm m$, $n=5$)

№ локації	Питома активність, Бк/кг		Щільність забруднення, кБк/м ²		Щільність забруднення, Кі/км ²	
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr
1	8,6±1,1	1,5±0,17	2,0±0,3	0,36±0,04	0,05	0,001
2	14,7±3,2	3,2±0,3	3,53±0,4	0,85±0,09	0,10	0,003
3	48,8±8,9	11,5±2,6	11,71±2,3	2,81±0,3	0,32	0,009
4	64,9±15,8	18,8±5,4	15,57±2,8	3,74±0,04	0,42	0,011

Таблиця 4 – Фізико-хімічні форми ^{137}Cs і ^{90}Sr у 0–20-ти см прибережному шарі ґрунту

Радіонуклід	Форми радіонуклідів, % від загального вмісту, $M \pm m$			
	водорозчинна	обмінна	кислото-розчинна	фіксована
^{137}Cs	0,12 ± 0,08	1,15 ± 0,47	1,98 ± 0,63	96,51 ± 11,02
^{90}Sr	1,79 ± 0,15	43,53 ± 5,73	44,31 ± 4,85	11,09 ± 1,18

Висновки. Водозбору річки Кам'янка притаманна складна ландшафтно-геохімічна структура та значні площі агроландшафтів, що може призвести до антропогенного забруднення водного об'єкта. Окисно-відновний потенціал води становив від 183,8 mV на ділянці до греблі до 175,8 mV після неї, що свідчить про окисну геохімічну ситуацію з наявністю вільного кисню та низки елементів у найвищій формі їх валентності, особливо після проходження води через греблю внаслідок турбулентного перемішування. Показники рН не виходили за межі норми та становили 8,1–8,4, що відповідає характеристиці стану «добрий». Показники TDS нижче греблі є статистично вірогідно вищими, однак не виходять за межі гранично допустимих концентрацій. Оцінка якості середовища існування досліджуваних риб за показником флуктуючої асиметрії (коефіцієнт 0,44 балу) свідчить, що воду з досліджуваних ділянок можна віднести до категорії «слабо забруднена».

Дослідження радіоактивного забруднення штучними радіонуклідами ^{137}Cs і ^{90}Sr прибережної зони річки Кам'янка в чотирьох локаціях показало наявність цих радіонуклідів, однак їх кількість є незначною. Щільність забруднення ґрунтів згідно із Законом України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» відповідає умовно чистій території. Термін «умовно чиста» вживається з огляду на те, що радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr до аварії та ядерних випробувань у природних екосистемах не існувало. Радіоактивне забруднення має мозаїчний характер розподілу з переважною фіксацією ^{137}Cs (96,51 %) та значною мобільністю ^{90}Sr (43,53 % в обмінній формі).

Результати оцінювання стану водної екосистеми р. Кам'янка обґрунтовують необхідність впровадження цілеспрямованих заходів для покращення екологічної ситуації та захисту даної екосистеми, зокрема:

1. Вдосконалити існуючі системи екологічного моніторингу річок, що забезпечить системність, ефективність та збалансованість басейнового підходу до управління річковими басейнами України.

2. Застосовувати складні лабораторні дослідження (молекулярні та біохімічні) для оцінки екологічного стану водних екосистем, а також проводити повторні дослідження в різні періоди року, особливо під час піку евтрофних процесів у порівняльному аспекті.

3. Здійснювати систематичний моніторинг наявності штучних біологічно активних довгоживучих радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у прибережних зонах водних об'єктів лісостепової зони України.

4. Розробити рекомендації щодо використання водних ресурсів річки Кам'янка з урахуванням виявлених екологічних особливостей.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Афанасьєв С.О. Біоіндикація екологічного стану річкових систем України в аспекті імплементації директив ЄС у галузі довкілля. Стенограма наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 13 лютого 2019 року. Вісник НАН України. 2019. № 4. С. 23–29.
2. Balaghi R., Benaouda H., Snaibi W. Climate change impact assessment on agriculture. African and Mediterranean Agricultural Journal – Al Awamia. 2024. № 143. Р. 9–33. DOI:10.34874/IMIST.PRSM/afrimed-i143.48154
3. Совгіра С.В., Гончаренко Г.Є., Гончаренко В.Г., Берчак В.С. Методика дослідження екологічного стану басейнів малих річок: монографія. Умань: ВПЦ «Візаві». 2016. 288 с.
4. Обґрунтування необхідності охорони витоків малих річок на прикладі Слов'янсько-Овруцького кряжу / І.В. Хом'як та ін. Екологічні науки: науково-практичний журнал. Київ: Видавничий дім «Гельветика», 2022. С. 28–32. DOI:10.32846/2306-9716/2022_eco.1-40.5
5. Zingraff-Hamed A. La rivière et des hommes: quelle gouvernance pour la restauration des rivières? Sciences Eaux & Territoires. 2022. Р. 31–38. DOI:10.20870/revue-set.2022.39.7248
6. Anastas P.T., Warner J.C. Green chemistry: theory and practice. Oxford university press. 2000. 178 p. DOI:10.1093/oso/9780198506980.001.0001
7. Василенко О.О., Семерня О.В. Токсикологічна безпека прісноводних об'єктів рибного промислу річок півночі України. Екологічні науки: науково-практичний журнал. Київ: ДЕА, 2018. № 3 (22). С. 90–94.
8. Якість води та управління водними ресурсами. Короткий опис Директив ЄС та графіку їх реалізації. Київ: EPTISA, 2014. 16 с.
9. Афанасьєв С.О. Структура біоти річкових систем як показник їх екологічного стану: автореф. дис. ... д-ра біол. наук: 03.00.17. Київ, 2011. 38 с.
10. Golovko N., Golovko T., Gelikh A. Investigation fatty acid and mineral of soft body bivalve freshwater mussels from the family Anodonta of the northern Ukraine. Technological Audit and Production Reserves. 2016. No 3/3 (29). Р. 17–23. DOI:10.15587/2312-8372.2016.71112
11. Алмашова В.С. Критерії оцінки визначення екологічного стану водно-болотних угідь в Україні. Водні біоресурси та аквакультура, 2024. № 2 (16). С. 62–80. DOI:10.32782/wba.2024.2.6

12. Ведення сільськогосподарського виробництва на територіях, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи у віддалений період: рекомендації / за ред. Б.С. Прістера. Київ: Атіка, 2007. 196 с.

13. Migration of ^{137}Cs and ^{90}Sr radionuclides in the rural area of the Central Forest Steppe of Ukraine after the Chernobyl Accident / V.Yu. Herasymenko et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11 (2). P. 13–16. DOI:10.15421/2021_70

14. Розпутний О.І., Перцьовий І.В., Герасименко В.Ю., Савеко М.Є. Оцінка міграції ^{137}Cs і ^{90}Sr на радіоактивно забруднених агроландшафтах Лісостепу у віддалений період після Чорнобильської катастрофи. Чорнобильська катастрофа. Актуальні проблеми, напрямки та шляхи їх вирішення. Житомир: ЖНАЕУ, 2018. С. 293–299.

15. Tribuzi G., Aragão G.M.F., Laurindo J.B. Processing of chopped mussel meat in retort pouch. *Food Science and Technology (Campinas)*. 2015. Vol. 35 (4). P. 612–619. URL:

16. Оцінка стану водної системи річки Протока Київської області за токсикологічними та біоіндикативними показниками / Н.М. Присяжнюк та ін. *Агроекологічний журнал*. Київ, 2021. № 2. С. 101–107. DOI:10.33730/2077-4893.2.2021.234465

17. Оцінка екологічного стану річки Рось в межах Білоцерківського району / Т.О. Грабовська та ін. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва: збірник наукових праць*. Біла Церква: БНАУ, 2021. № 2 (166). С. 78–85. DOI:10.33245/2310-9289-2021-166-2-78-85

18. Зуб Л.М., Прокопук М.С., Томільцева А.І. Оцінка якості води водосховищ малих гідроелектростанцій (на прикладі річки Рось). *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. Київ: ДЕА, 2018. № 3 (22). С. 94–101.

19. Причепя М.В. Сучасний видовий склад рибного населення лівих приток річки Росі: Кам'янки і Протоки. *Біологія та екологія*. 2020. № 6 (1–2). С. 74–81. DOI:10.33989/2020.6.1-2.225046

20. Шелюк Ю.С., Шевчук Л.М., Мошківська М.А. Оцінка якості вод урбанізованих територій за структурою угруповань гідро біонтів. *Український журнал природничих наук*. 2023. № 3. С. 76–90. DOI:10.32782/naturaljournal.3.2023.76-90

21. Бедункова О.О., Статник І.І., Кучко О.М. Оцінювання стану водної екосистеми річки Устя за набором індикаційних та тестових параметрів. *Екологія, іхтіологія та аквакультура*. Таврійський науковий вісник. 2019. № 109. Ч. 1. С. 173–181.

22. Українець А.І., Большак Ю.В., Маринін А.І., Святненко Р.С. Окисно-відновний баланс питної води – показник її якості та фізіологічної повноцінності. *Харчова промисловість*. 2018. № 24. С. 6–14. URL: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/30042>

23. Важливий показник рідкого біосередовища – окисно-відновний потенціал (огляд літератури) / О.Ф. Рильський та ін. *Клінічна та експериментальна патологія*. 2022. Т. 21. № 3 (81). С. 69–79. DOI:10.24061/1727-4338.XXI.3.81.2022.10

24. Герасименко В.Ю. Стан орних угідь забруднених територій Білоцерківського району Київської області за активністю ^{137}Cs і ^{90}Sr . *Аграрні вісті*. 2009. № 1. С. 16–18.

25. Migration and prognosis of radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in vegetable produce: the case of villages of the Central Forest-Steppe of Ukraine in the remote period after Chernobyl Disaster / V Gerasimenko et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2017. Vol. 7 (3). P. 246–250. DOI:10.15421/2017_75

26. Методичні рекомендації з ведення сільськогосподарського виробництва на радіоактивно забруднених територіях Київського Полісся / О.І. Фурдичко та ін. Київ, 2012. 36 с.

27. ДСТУ EN ISO 5667-6:2022 Якість води. Відбирання проб. Частина 6. Настанови щодо відбирання проб із річок і струмків (EN ISO 5667-6:2016, IDT; ISO 5667-6:2014, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=99606

REFERENCES

1. Afanasiev, S.O. (2019). Bioindykatsiia ekolohichnoho stanu richkovykh system Ukrainy v aspekti implementatsii dyrektyv YeS u haluzi dovkillia [Bio-indication of the ecological state of river systems of Ukraine in the context of implementing EU environmental directives]. *Visnyk NAN Ukrainy [Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine]*. no. 4, pp. 23–29. (In Ukrainian).

2. Balaghi, R., Benaouda, H., Snaibi, W. (2024). Climate change impact assessment on agriculture. *African and Mediterranean Agricultural Journal – Al Awamia*, no. 143, pp. 9–33. DOI: 10.34874/IMIST.PRSM/afirmed-i143.48154

3. Sovhira, S.V., Honcharenko, H.Ye., Honcharenko, V.H., Berchak, V.S. (2016). Metodyka doslidzhennia ekolohichnoho stanu baseiniv malykh richok: monohrafiia [Methods for studying the ecological state of small river basins: monograph]. Uman: VOC "Vizavi", 288 p. (In Ukrainian).

4. Khom'iak, I.V., Kozyn, M.S., Kotsiuba, I.Yu., Vasylenko, O.M., Vlasenko, R.P. (2022). Obgruntuvannia neobkhdnosti okhorony vytokiv malykh richok na prykladi Slovechansko-Ovrutskoho kriazhu [Substantiation of the need to protect sources of small rivers on the example of the Slovechansk-Ovruch Ridge]. *Ekolohichni nauky [Environmental Sciences]*, Kyiv: Helvetica Publishing House, pp. 28–32. DOI:10.32846/2306-9716/2022.eco.1-40.5 (In Ukrainian).

5. Zingraff-Hamed, A. (2022). La rivière et des hommes: quelle gouvernance pour la restauration des rivières? *Sciences Eaux & Territoires*, pp. 31–38. DOI:10.20870/revue-set.2022.39.7248

6. Anastas, P.T., Warner, J.C. (2000). *Green chemistry: theory and practice*. Oxford university press, 178 p. DOI:10.1093/oso/9780198506980.001.0001

7. Vasylenko, O.O., Semernia, O.V. (2018). Toksykologichna bezpeka prysnovodnykh obiektiv rybnoho promyslu richok pivnochi Ukrainy [Toxicological safety of freshwater fishery objects of the

northern rivers of Ukraine]. *Ekologichni nauky: nauko-vo-praktychnyi zhurnal* [Ecological Sciences: Scientific and Practical Journal], Kyiv: DEA, no. 3 (22), pp. 90–94. (In Ukrainian).

8. Yakist vody ta upravlinnia vodnymy resursamy [Water quality and water resources management]. *Korotkyi opys Dyrektyv YeS ta hrafiku yikh realizatsii* [Brief description of EU Directives and their implementation schedule]. Kyiv: EPTISA, 2014, 16 p. (In Ukrainian).

9. Afanasiev, S.O. (2011). *Struktura bioty richkovykh system yak pokaznyk yikh ekologichnoho stanu: avtoref. dys. ... d-ra biol. nauk: 03.00.17.* [The structure of the biota of river systems as an indicator of their ecological state: author's abstract of the dissertation ... Doctor of Biological Sciences: 03.00.17.]. Kyiv, 38 p. (In Ukrainian).

10. Golovko, N., Golovko, T., Gelikh, A. (2016). Investigation fatty acid and mineral of soft body bivalve freshwater mussels from the family Anodonta of the northern Ukraine. *Technological Audit and Production Reserves*, no. 3/3 (29), pp. 17–23. DOI:10.15587/2312-8372.2016.71112

11. Almashova, V.S. (2024). *Kryterii otsinky vyznachennia ekologichnoho stanu vodno-bolotnykh uhid v Ukraini* [Assessment criteria for determining the ecological status of wetlands in Ukraine]. *Vodni bioresursy ta akvakultura* [Aquatic bioresources and aquaculture], no. 2 (16), pp. 62–80. DOI:10.32782/wba.2024.2.6 (In Ukrainian).

12. Vedennia silskohospodarskoho vyrobnytstva na terytoriiakh, zabrudnennykh vnaslidok Chornobylskoi katastrofy u viddalenyi period: rekomendatsii / za red. B.S. Pristera [Conducting agricultural production in the territories contaminated as a result of the Chernobyl disaster in the distant period: recommendations / edited by B.S. Priester]. Kyiv: Atika, 2007, 196 p. (In Ukrainian).

13. Herasymenko, V.Yu., Rozputnyi, O.I., Pertsovyi, I.V., Skyba, V.V., Tytariova, J.V., Saveko, M.E., Kunovskyi, Yu.V., Oleshko, V.P. (2021). Migration of ^{137}Cs and ^{90}Sr radionuclides in the rural area of the Central Forest Steppe of Ukraine after the Chernobyl Accident. *Ukrainian Journal of Ecology*, Vol. 11 (2), pp. 13–16. DOI:10.15421/2021_70

14. Rozputnii, O.I., Pertsovyi, I.V., Herasymenko, V.Yu., Saveko, M.Ye. (2018). Otsinka mihratsii ^{137}Cs i ^{90}Sr na radioaktyvno zabrudnennykh ahrolandshaftakh Lisostepu u viddalenyi period pislia Chornobylskoi katastrofy [Assessment of the migration of ^{137}Cs and ^{90}Sr in radioactively contaminated agro-landscapes of the Forest-Steppe in the long term after the Chernobyl disaster]. *Chornobylska katastrofa [Chernobyl disaster]. Aktualni problemy, napriamky ta shliakhy yikh vyreshennia* [Current problems, directions and ways to solve them]. Zhytomyr: ZhNAEU, pp. 293–299. (In Ukrainian).

15. Tribuzi, G., Aragão, G.M.F.D., Laurindo, J.B. (2015). Processing of chopped mussel meat in retort pouch. *Food Science and Technology (Campinas)*, Vol. 35 (4), pp. 612–619. Available at: <https://doaj.org/article/dda612fcc5db4492b8210828bd19a72a>

16. Prysiashniuk, N.M., Slobodeniuk, O.I., Vered, P.I., Horchanok, A.V., Pishchan, S.H., Hubanova, N.L. (2021). Otsinka stanu vodnoi systemy richky Protoka za toksykolohichnymi ta bioindykativnymi pokaznykamy [Assessment of the water system of the Protoka river by toxicological and bioindicative indicators]. *Ahroekologichnyi zhurnal* [Agroecological Journal], no. 2, pp. 101–107. DOI:10.33730/2077-4893.2.2021.234465 (In Ukrainian).

17. Hrabovska, T.O., Oleshko, O.A., Babii, P.O., Kharchyshyn, V.M., Polishchuk, Z.V., Budak, O.O., Vered, P.I. (2021). Otsinka ekologichnoho stanu richky Ros v mezhakh Bilotserkivskoho raionu [Assessment of the ecological state of the Ros River within the Bila Tserkva district]. *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktiv tvarynnystva: zbirnyk naukovykh prats* [Technology of production and processing of livestock products: collection of scientific works]. Bila Tserkva: BNAU, no. 2 (166), pp. 78–85. DOI:10.33245/2310-9289-2021-166-2-78-85 (In Ukrainian).

18. Zub, L.M., Prokopuk, M.S., Tomiltseva, A.I. (2018). Otsinka yakosti vody vodoskhovyshch malikh hidroelektrostantsii (na prykladi richky Ros) [Assessment of water quality in reservoirs of small hydroelectric power plants (on the example of the Ros River)]. *Ekologichni nauky: nauko-vo-praktychnyi zhurnal* [Ecological Sciences: Scientific and Practical Journal], Kyiv: DEA, no. 3 (22), pp. 94–101. (In Ukrainian).

19. Prychepa, M.V. (2020). Suchasnyi vydovyi sklad rybnoho naseleennia livykh prytkov richky Rosi: Kamianky i Protoky [Modern species composition of the fish population of the left tributaries of the Rosi River: Kamyanka and Protoky]. *Biolohiia ta ekolohiia* [Biology and Ecology]. Vol. 6 (1–2), pp. 74–81. DOI:10.33989/2020.6.1-2.225046 (In Ukrainian).

20. Shelyuk, Y.S., Shevchuk, L.M., Moshkivska, M.A. (2023). Otsinka yakosti vod urbanizovanykh terytorii za strukturoiu uhrupovan hidrobiontiv [Assessment of water quality in urbanized areas based on the structure of hydrobiont communities]. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnychikh nauk* [Ukrainian Journal of Natural Sciences], no. (3), pp. 76–90. DOI:10.32782/na.turaljournal.3.2023.76-90 (In Ukrainian).

21. Biedunkova, O.O., Statnyk, I.I., Kuchko, O.M. (2019). Otsiniuvannia stanu vodnoi ekosystemy richky Ustia za naborom indykatsiinykh ta testovykh parametriv [Assessment of the state of the aquatic ecosystem of the Ustia River using a set of indicator and test parameters]. *Ekolohiia, ikhtiolojiia ta akvakultura* [Ecology, ichthyology and aquaculture]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk* [Tavria Scientific Bulletin], no. 109, Part 1, pp. 173–181. (In Ukrainian).

22. Ukrainets, A.I., Bolshak, Yu.V., Marynin, A.I., Sviatnenko, R.S. (2018). Okysno-vidnovnyi balans pytnoi vody – pokaznyk yii yakosti ta fiziologichnoi povnotsinnosti [Redox balance of drinking water as a quality indicator]. *Kharchova promyslovist* [Food industry], no. 24, pp. 6–14. Available at: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/30042> (In Ukrainian).

23. Rylskyi, O.F., Petruscha, Yu.Yu., Hvozdiak, P.I., Rylska, Ya.S., Dombrovskiy, K.O., Masikevych, A.Yu. (2022). Vazhlyvyi pokaznyk ridkoho bioseredovyscha – oksyno-vidnovnyi potentsial (ohliad literatury) [An important indicator of a liquid bioenvironment is the redox potential (literature review)]. *Klinichna ta eksperymentalna patolohiia* [Clinical and experimental pathology], Vol. 21, no. 3 (81), pp. 69–79. DOI:10.24061/1727-4338.XXI.3.81.2022.10 (In Ukrainian).

24. Herasymenko, V.Yu. (2009). Stan ornykh uhid zabrudnennykh terytorii Bilotserkivskoho raionu za aktyvnistiu ^{137}Cs i ^{90}Sr [State of arable lands contaminated by radionuclides]. *Ahrarni visti* [Agricultural news], no. 1, pp. 16–18. (In Ukrainian).

25. Gerasimenko, V., Rozputny, O., Pertsovyi, I., Skyba, V., Saveko, M. (2017). Migration and prognosis of radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in vegetable produce: the case of villages of the Central Forest-Steppe of Ukraine in the remote period after Chernobyl Disaster. *Ukrainian Journal of Ecology*, Vol. 7 (3), pp. 246–250. DOI:10.15421/2017_75

26. Furdychko, O.I., Chobotko, H.M., Landin, V.P., Raichuk, L.A. (2012). Metodichni rekomendatsii z vedennia silskohospodarskoho vyrobnytstva na radioaktyvno zabrudnennykh terytoriiakh Kyivskoho Polissia [Methodical recommendations for conducting agricultural production in radioactively contaminated areas of Kyiv Polissia]. Kyiv, 36 p. (In Ukrainian).

27. DSTU EN ISO 5667-6:2022 Yakist vody. Vidbyrannia prob. Chastyna 6. Nastanovy shcho do vidbyrannia prob iz richok i strumkiv (EN ISO 5667-6:2016, IDT; ISO 5667-6:2014, IDT) [DSTU EN ISO 5667-6:2022 Water quality. Sampling. Part 6. Guidelines for sampling from rivers and streams (EN ISO 5667-6:2016, IDT; ISO 5667-6:2014, IDT)]. Kyiv: DP "UkrNDNTS", 2022. Available at: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=99606 (In Ukrainian).

Assessment of the Status of the Kamianka River Aquatic Ecosystem in the Bila Tserkva District, Kyiv Region

Vered P., Herasymenko V., Bityutskyy V., Prysiazhniuk N., Tsekhmistrenko S., Kunovsky Y.

A comprehensive assessment of the ecological status of the Kamianka River in the Bila Tserkva District, Kyiv Region (villages of Pyshchyky and Fursy) was conducted using bioindication methods,

hydrochemical analysis, and radiological monitoring. Fluctuating asymmetry of meristic traits in the Prussian carp (*Carassius gibelio*) was employed as a bioindicator method for evaluating water quality. Hydrochemical parameters of water, including pH, total dissolved solids (TDS), and oxidation-reduction potential (ORP), were determined. In addition, the specific activity and density of radioactive contamination in the riparian zone by ^{137}Cs and ^{90}Sr were assessed. The study was carried out in April 2025, a period characterized by gradual temperature increase and the absence of peak eutrophication processes. At the same time, intense precipitation combined with surrounding agricultural landscapes posed a potential ecological risk.

The study objects included water and riparian soil samples, bottom sediments, and a bioindicator—the typical hydrobiont, Prussian carp (*Carassius gibelio*). It was found that TDS values below the dam were statistically higher, although they remained within the permissible limits. The pH values indicated normal environmental conditions, assessed as “good.” The measured ORP (176–185 mV) reflected an oxidative geochemical environment, indicating the presence of dissolved oxygen in the water, particularly below the dam, and the presence of several elements in their highest valence states.

Fluctuating asymmetry analysis of Prussian carp development revealed that even under relatively safe hydrochemical conditions, environmental factors negatively affected the hydrobionts during the study period. These findings underscore the necessity of conducting detailed laboratory analyses (molecular and biochemical), as well as repeated studies in other periods of the year, particularly during peak eutrophication events.

The presence and density of contamination by long-lived, biologically active radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in the riparian zone of the Kam'yanka River were determined at four locations in the villages of Pyshchyky and Fursy, Bila Tserkva District, Kyiv Region. Radioactive contamination was found to be mosaic in nature; however, soil contamination levels did not exceed critical thresholds and corresponded to conditionally clean areas.

Keywords: ecotoxycant, ecological status, aquatic ecosystem, hydrobionts, water quality, ORP, TDS, pH, radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr , riparian zone, bioindication.



Copyright: Веред П.І. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Веред П.І.
Герасименко В.Ю.
Бітюцький В.С.
Присяжнюк Н.М.
Цехмістренко С.І.
Куновський Ю.В.

<https://orcid.org/0000-0001-6548-4622>
<https://orcid.org/0000-0002-5678-9624>
<https://orcid.org/0000-0002-2699-3974>
<https://orcid.org/0000-0002-4737-0143>
<https://orcid.org/0000-0002-7813-6798>
<https://orcid.org/0000-0003-2720-3927>