



УДК 504.4:556.53:628.1
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.14.2025.29>

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РІЧКИ СЕЙМ У КОНТЕКСТІ ТРАНСКОРДОННОГО ЗАБРУДНЕННЯ

О. В. Ішук¹, О. М. Василенко²

Збереження якості транскордонних водних ресурсів України в умовах воєнної агресії держави-агресора набуває особливої актуальності, оскільки руйнування промислової інфраструктури на суміжних територіях призводить до аварійних скидів висококонцентрованих забруднювальних речовин у прикордонні річкові системи. Події серпня-жовтня 2024 року стали показовим прикладом такої екологічної загрози: у басейні річки Сейм зафіксовано масштабну загибель риби й різке погіршення гіdroхімічних показників води, що пов'язується з аварійними скидами відходів із промислових підприємств, зокрема Тьоткінського цукрового заводу в Курській області. Стічні води цукрової промисловості характеризуються надзвичайно високим органічним навантаженням (БСК до 7000 мгО₂/дм³, ХСК до 10 000 мгО₂/дм³), підвищеним умістом амонію, завислих речовин і сполук, здатних знижувати рН і створювати кисневий дефіцит у водних екосистемах. Такі процеси демонструють критичну вразливість транскордонних водних систем до воєнних ризиків і підтверджують потребу в модернізації національної системи моніторингу та гармонізації її з європейськими екологічними стандартами.

Метою дослідження є оцінка сучасного гіdroхімічного стану річки Сейм на території України в умовах транскордонного забруднення, спричиненого аварійними скидами органічних сполук із промислових об'єктів держави-агресора під час активних бойових дій. Дослідження виконано на основі аналізу фізико-хімічних показників якості води (рН, уміст амонійного азоту, сульфатів, хлоридів, нітритів, нітратів, загального заліза, хімічного та біохімічного споживання кисню) відповідно до чинних стандартів ДСТУ ISO. Для порівняння використано багаторічні гіdroхімічні дані (1967–1979; 1993–2013) та сучасні результати моніторингу 2024 року.

Отримані результати свідчать, що більшість основних показників якості води (рН 7,3–7,4; сульфати ≈ 40 мг/дм³; хлориди 29,4 мг/дм³; нітрити 0,02–0,06 мг/дм³; нітрати 0,75–1,0 мг/дм³) залишаються в межах екологічно допустимих рівнів і навіть нижчі за середньобагаторічні значення. Водночас зафіксовано значне перевищення концентрації загального заліза (0,37–0,79 мг/дм³ при ГДК 0,1 мг/дм³) та органічного навантаження: ХСК досягало 58–60 мгО₂/дм³ (при нормі 50 мгО₂/дм³ та історичному середньому рівні 18,1 мгО₂/дм³), БСК₅ – 7,3–7,4 мгО₂/дм³ (при нормі

¹ кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри екології та географії
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)
e-mail: Ishchuk-O@zu.edu.ua
ORCID: 0000-0002-8993-8366

² кандидат біологічних наук, доцент,
доцент кафедри екології та географії
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)
e-mail: Vasylenko-O@zu.edu.ua
ORCID: 0000-0003-3283-6980

3 мгО₂/дм³ та середньобагаторічному рівні 2,8 мгО₂/дм³). Підвищені концентрації заліза можуть мати як природне походження (надходження з болотистих ґрунтів і підземних вод), так і бути посилені транскордонними техногенними впливами. Високий рівень органічного забруднення прямо корелює з аварійними скидами стічних вод із цукрових і суміжних виробництв у період бойових дій.

Наукова новизна роботи полягає у виявленні й кількісній оцінці гідрохімічної реакції транскордонної річки на воєнно зумовлені техногенні скиди, що вперше задокументовано для басейну Сейму на основі поєднання багаторічних даних та актуальних спостережень 2024 року. Практична значущість полягає в обґрунтуванні необхідності інтегрованого басейнового управління та гармонізації системи екологічного моніторингу України із Водною рамковою директивою ЄС (Directive 2000/60/EC... 2000) для раннього виявлення транскордонних екологічних криз і юридичного документування шкоди від воєнних злочинів проти довкілля.

Ключові слова: транскордонне забруднення, річка Сейм, воєнна агресія, гідрохімічний аналіз, екологічна безпека, моніторинг водних ресурсів.

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE SEIM RIVER IN THE CONTEXT OF TRANSBOUNDARY POLLUTION

O. V. Ishchuk, O. M. Vasylenko

Preservation of the quality of transboundary water resources of Ukraine in conditions of military aggression of the aggressor state becomes particularly urgent, since the destruction of industrial infrastructure in adjacent territories leads to emergency discharges of highly concentrated pollutants into border river systems. The events of August–October 2024 became a vivid example of such an ecological threat: in the Seim River basin, large-scale fish mortality and a sharp deterioration in the hydrochemical parameters of water were recorded, which is associated with emergency discharges of waste from industrial enterprises, in particular the Tyotkino Sugar Plant in the Kursk Region. Wastewater from the sugar industry is characterized by an extremely high organic load (BOD up to 7,000 mgO₂/dm³, COD up to 10,000 mgO₂/dm³), an increased content of ammonium, suspended substances and compounds capable of reducing pH and creating oxygen deficiency in aquatic ecosystems. Such processes demonstrate the critical vulnerability of transboundary water systems to military risks and confirm the need to modernize the national monitoring system and harmonize it with European environmental standards.

The purpose of the study is to assess the current hydrochemical state of the Seim River in Ukraine under conditions of transboundary pollution caused by accidental discharges of organic compounds from industrial facilities of the aggressor state during active hostilities. The study was carried out based on the analysis of physicochemical indicators of water quality (pH, content of ammonium nitrogen, sulfates, chlorides, nitrites, nitrates, total iron, chemical and biochemical oxygen demand) in accordance with the current DSTU ISO standards. For comparison, multi-year hydrochemical data (1967–1979; 1993–2013) and current monitoring results in 2024 were used.

The results obtained indicate that most of the main water quality indicators (pH 7.3–7.4; sulfates ≈40 mg/dm³; chlorides 29.4 mg/dm³; nitrites 0.02–0.06 mg/dm³; nitrates 0.75–1.0 mg/dm³) remain within ecologically acceptable levels and even below the long-term average values. At the same time, a significant excess of the concentration of total iron (0.37–0.79 mg/dm³ at a maximum concentration of 0.1 mg/dm³) and organic load was recorded: CSC reached 58–60 mgO₂/dm³ (at a norm of 50 mgO₂/dm³ and a historical average of 18.1 mgO₂/dm³), BOD₅ – 7.3–7.4 mgO₂/dm³ (at a norm of 3 mgO₂/dm³ and a long-term average of 2.8 mgO₂/dm³). Increased iron concentrations can have both a natural origin (inflow from swampy soils and groundwater) and be enhanced by transboundary technogenic impacts. The high level of organic pollution directly correlates with emergency discharges of wastewater from sugar and related industries during the period of hostilities.

The scientific novelty of the work lies in the identification and quantitative assessment of the hydrochemical response of a transboundary river to military-induced man-made discharges, which was documented for the first time for the Seim basin based on a combination of multi-year data and current observations in 2024. The practical significance lies in substantiating the need for integrated basin management and harmonization of the environmental monitoring system of Ukraine with the EU Water Framework Directive (Directive 2000/60/EC ..., 2000) for early detection of transboundary environmental crises and legal documentation of damage from war crimes against the environment.

Key words: transboundary pollution, Seim river, military aggression, hydrochemical analysis, environmental security, water resources monitoring.

Вступ

Річка Сейм є однією з найбільших приток Десни та виконує важливі екологічні, соціально-економічні й водогосподарські функції для північно-східних регіонів України. Вона забезпечує питне водопостачання, використовується для сільського господарства, рибного господарства, рекреації та формує важливі екологічні коридори. Особливість Сейму полягає в транскордонному розташуванні басейну: значна частина водозбору знаходиться на території держави-агресора. Це робить водну систему вразливою до неконтрольованого антропогенного впливу й ускладнює реалізацію єдиної політики охорони водних ресурсів.

Ситуація істотно ускладнилася у зв'язку зі збройною агресією та воєнними діями, що тривають на суміжних територіях. Руйнування промислових підприємств, складів відходів та очисних споруд призводить до неконтрольованих скидів органічних речовин, важких металів та інших токсикантів у річкову систему. Пошкодження гідротехнічної інфраструктури сприяє раптовому вивільненню забруднених стоків і донних відкладів, що збагачені історичними промисловими накопиченнями. У багатьох випадках бойові дії роблять неможливим оперативний доступ екологічних служб до місць аварій, порушують роботу лабораторій і постів моніторингу, ускладнюють транспортування проб і швидке реагування на екологічні кризи.

Проблематика дослідження полягає у відсутності комплексної та стійкої системи моніторингу транскордонних річкових систем в умовах збройного конфлікту. Чинні підходи до оцінки стану поверхневих вод залишаються фрагментарними, часто не синхронізованими із сучасними європейськими стандартами, а дані про якість води з територій держави-агресора недоступні або неповні. Воєнні дії створюють додаткові ризики: пошкодження критичної інфраструктури, порушення логістики екологічних досліджень, ускладнення доступу до відбору проб у небезпечних районах, а також підвищену ймовірність масштабних транскордонних екологічних катастроф.

Сучасні виклики вимагають нового підходу до оцінки екологічного стану річки Сейм, який урахуватиме як традиційні гідрохімічні й токсикологічні індикатори, так і воєнні фактори ризику: руйнування очисних споруд, аварійні скиди промислових стоків, мобілізацію донних відкладів та

обмежений доступ до моніторингу. Потребує розвитку система раннього попередження та кризового управління водними ресурсами, що дасть змогу швидко реагувати на екологічні загрози навіть у зоні бойових дій. Додаткової уваги потребує також документування екологічної шкоди, спричиненої війною, для подальшого використання в правових механізмах компенсації та відновлення довкілля.

Події серпня-жовтня 2024 року наочно продемонстрували критичні екологічні ризики транскордонного забруднення річкових систем: зафіксовано переміщення забруднених вод річкою Сейм із території держави-агресора та масову загибель риби в межах Сумської й Чернігівської областей. За офіційними повідомленнями, імовірною причиною стали аварійні скиди з промислових об'єктів у районі селища Тьоткіно (цукрове, спиртове й шкіряне виробництва), що засвідчило особливу вразливість транскордонних водних екосистем у період воєнної агресії та актуалізувало потребу дієвої системи моніторингу й правового захисту водних ресурсів (Державна ..., 2025).

Формування якості води Сейму, найбільшої притоки Десни, зумовлене поєднанням природних процесів і виразного антропогенного навантаження, яке надходить як із території держави-агресора (близько 70% стоку), так і з української частини басейну; середньорічна витрата в гирлі становить близько $100 \text{ м}^3/\text{с}$ ($\sim 3,13 \text{ км}^3/\text{рік}$). Багаторічні гідрохімічні дослідження річки Сейм (1967–1979; 1993–2013) засвідчили відносно стабільний стан водного середовища за більшістю основних показників якості води та відповідність їх гранично допустимим концентраціям (далі – ГДК) для водойм рибогосподарського призначення, за винятком загального заліза, яке систематично перевищувало норматив. Середнє значення рН води становило 7,85, що відповідає встановленому діапазону 6,5–8,5 і вказує на слабколужний характер середовища, характерний для річок Полісся. Концентрація амонійного азоту досягала $0,35 \text{ мг}/\text{дм}^3$, що нижче за допустимі межі ($0,5\text{--}1,0 \text{ мг}/\text{дм}^3$), проте свідчить про постійне, але помірне органічне навантаження, пов'язане з побутовими та сільськогосподарськими стоками. Уміст сульфатів становив $4,7 \text{ мг}/\text{дм}^3$, а хлоридів – $32 \text{ мг}/\text{дм}^3$, що значно нижче за встановлені нормативи (100 і $300 \text{ мг}/\text{дм}^3$ відповідно) та свідчить про відсутність процесів засолення й стабільність природного

мінералізаційного режиму води, зумовленого геохімічними особливостями басейну.

Концентрації сполук азоту також залишалися в межах екологічно безпечних значень. Середній уміст нітратів становив $2,94 \text{ мг/дм}^3$, що значно нижче за гранично допустимий рівень (40 мг/дм^3), а нітритів – $0,06 \text{ мг/дм}^3$ за норматив $0,08 \text{ мг/дм}^3$. Це свідчить про відсутність значного впливу неочищених стічних вод і задовільний стан окисно-відновних процесів у водоймі, що підтримує природний цикл азоту. Органічне навантаження оцінювалося за показниками кисневого режиму: хімічне споживання кисню (ХСК) у середньому дорівнювало $18,1 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$, що майже втричі нижче за норматив для рибогосподарських водойм ($50 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$), але перевищувало допустиме значення для господарсько-побутового водокористування ($15 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$), що вказує на стійкий, проте некритичний рівень органічного забруднення. Біохімічне споживання кисню протягом п'яти діб (БСК₅) становило $2,8 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ при нормативі $3 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$, тобто наближалось до граничного рівня, відображаючи наявність легкодоступних органічних речовин, які можуть споживати кисень під час мікробіологічного розкладання.

Єдиним стабільно проблемним показником залишався вміст загального заліза, середнє значення якого становило $0,3 \text{ мг/дм}^3$, що утричі перевищувало допустиму концентрацію для рибогосподарських водойм ($0,1 \text{ мг/дм}^3$). Таке перевищення можна пояснити як техногенними, так і природними чинниками. З одного боку, залізо могло надходити зі стічними водами промислових підприємств, корозією інженерних споруд і систем водовідведення; з іншого боку, природні умови басейну Сейму сприяють підвищеному вмісту цього елемента. Значна частина території водозбору представлена болотистими ґрунтами й алювіальними відкладами, багатими на залізовмісні сполуки. Сезонне підтоплення заплав, паводкові явища та розчинення органо-мінеральних комплексів сприяють мобілізації колоїдних форм заліза, що може підвищувати його концентрацію навіть без активного техногенного впливу. Таким чином, на відміну від інших досліджуваних показників, які залишалися в межах нормативів, залізо є індикатором як природної гідрохімічної специфіки басейну, так і потенційного антропогенного впливу, що потребує додаткового моніторингу та детальнішого аналізу його джерел

(Лозовіцький і Лозовіцький, 2015; Бірюков, 2023).

Узагальнений аналіз впливу збройних конфліктів на водні ресурси вказує на триєдний характер води як ресурсу, мішені та каналу поширення забруднювачів; руйнування очисних споруд, мобілізацію донних відкладів, аварійні скиди та деградацію біорізноманіття описані для басейнів України в контексті сучасної війни (Kitowski et al., 2023). Питання стійкості транскордонних річок України та потреба інтегрованого басейнового підходу до моніторингу й управління узгоджуються з вимогами Водної рамкової директиви ЄС, що задає методологічний каркас для уніфікації показників і процедур оцінювання (Directive 2000/60/EC ..., 2000; Strokal et al., 2021).

Проблематика дослідження полягає у відсутності досить ефективних механізмів комплексної оцінки транскордонного забруднення, здатних синтезувати гідрохімічні й токсикологічні дані з біоіндикаційними критеріями стану водних біоресурсів; чинна система моніторингу залишається фрагментарною, потребує гармонізації з європейськими стандартами (Directive 2000/60/EC ..., 2000) та адаптації до умов воєнного часу, що ускладнює своєчасне запобігання екологічним кризам і прийняття управлінських рішень.

Метою дослідження є оцінка сучасного екологічного стану річки Сейм у контексті транскордонного надходження забруднювальних речовин з території держави-агресора та впливу воєнних дій на водну екосистему з визначенням ключових гідрохімічних, токсикологічних і біоіндикаційних показників, необхідних для вдосконалення системи моніторингу й управління водними ресурсами.

Матеріал і методи

Дослідження проводили в період з 15 серпня 2024 року по 28 жовтня 2024 року в межах річки Сейм (басейн Десни) на території Сумської області.

Для моніторингу обрано три ключові створи: с. Чаплищі (зразок 1), с. Чумакове (зразок 2) та м. Путивль (зразок 3). Відбір проб здійснювали відповідно до національного стандарту ДСТУ ISO 5667-3:2001. Проби відбирали з поверхневого шару води ($0,3\text{--}0,5 \text{ м}$), використовували чистий пластиковий і та скляний посуд; консервацію здійснювали відповідно до вимог стандартів: охолодження до 4°C для азотовмісних сполук і сульфатів і підкислення азотною

кислотою до $\text{pH} < 2$ для аналізу металів (Про затвердження ..., 2018).

Фізико-хімічний аналіз включав визначення основних показників якості води відповідно до затверджених стандартів. Рівень pH визначали за ДСТУ 4077-2001, аналіз іонного складу включав визначення концентрацій амонію, нітритів і нітратів за ДСТУ 26777-85, хлоридів – за ДСТУ ISO 9297:2019, сульфатів – за ДСТУ ISO 9280:2021. Уміст загального заліза визначали методом атомно-абсорбційної спектроскометрії за ДСТУ ISO 11885:2001.

Хімічне споживання кисню (ХСК) визначали дихроматним методом (ДСТУ ISO 6060:2003..., 2003).

Біохімічне споживання кисню протягом п'яти діб (БСК₅) визначали інкубаційним методом (ДСТУ ISO 5815-1:2009 ..., 2009).

Отримані результати порівнювали з гранично допустимими концентраціями (ГДК), установленими чинним законодавством України (Закон ..., 2021).

Результати

Реакція водного середовища річки Сейм загалом відповідала чинним нормативним вимогам (рис. 1).

Показники pH у контрольних створах перебували в межах допустимого діапазону 6,5–8,5, установленого для поверхневих вод господарсько-питного призначення. Зафіксовано слабо виражене зниження pH порівняно з багаторічними середніми значеннями 1967–2012 (7,35), що може свідчити про поступове підкислення води внаслідок транскордонних скидів стічних вод і вторинного впливу воєнних дій на водну інфраструктуру.

Уміст аміаку й амонійних сполук є чутливим індикатором органічного забруднення, спричиненого надходженням тваринних відходів, побутових і промислових стоків. Дослідження показали перевищення концентрації амонійного азоту над нормативними значеннями у 1,4–2,7 раза (рис. 2); зафіксовані величини становили

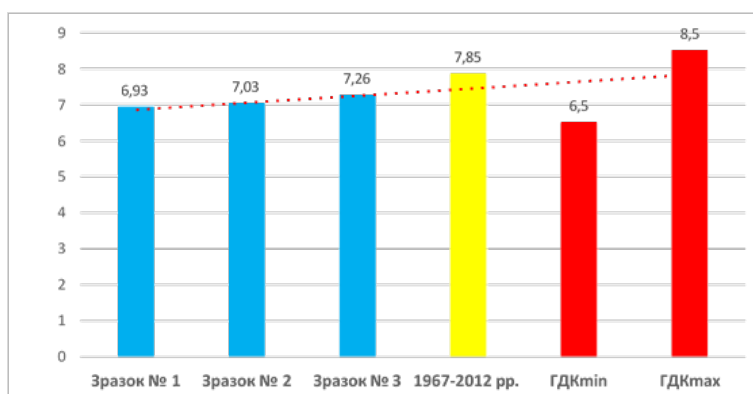


Рис. 1. Значення pH у воді річки Сейм

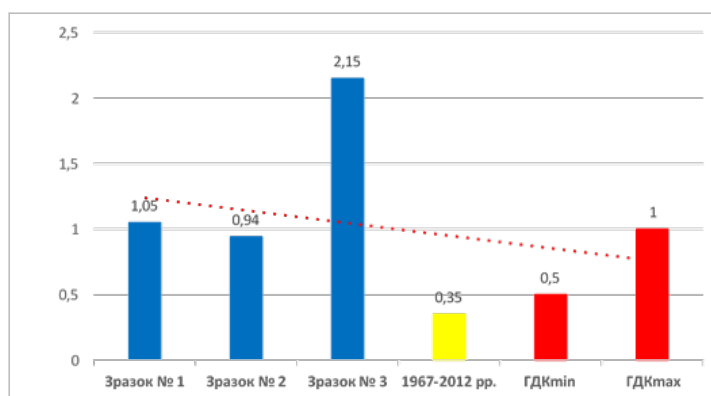


Рис. 2. Концентрація амонійного азоту у воді річки Сейм

0,94–2,15 мг/дм³ при гранично допустимій концентрації 0,5–1,0 мг/дм³. Такі дані свідчать про відчутне антропогенне навантаження і транскордонне надходження органічних забруднювачів.

Сульфати й хлориди в природних водах можуть мати як мінеральне походження (розчинення гірських порід, солонців), так й органічне, пов'язане з побутовими та тваринними відходами (Feth, 1981; Zak et al., 2021). Результати гідрохімічного аналізу засвідчили, що середній уміст сульфатів не перевищує нормативу 100 мг/дм³ і становить близько 40 мг/дм³ (рис. 3).

Концентрація хлоридів також відповідає екологічним нормам: середнє значення становило 29,4 мг/дм³ при гранично допустимому рівні 300 мг/дм³ (рис. 4). Порівняно з багаторічними даними 1967–2012 (32 мг/дм³) спостерігається навіть деяке зменшення цього показника, що свідчить про відсутність процесів засолення та помірне антропогенне навантаження.

Концентрації нітритів (NO₂⁻) у зразках № 1 і № 2 становить по 0,06 мг/дм³, що відповідає середньому багаторічному рівню (рис. 5), визначеному за період 1967–2012 (0,06 мг/дм³), є нижчою за гранично допустиму концентрацію для водойм рибогосподарського призначення (0,08 мг/дм³). У зразку № 3 зафіксовано зниження вмісту нітритів до 0,02 мг/дм³, що також не перевищує нормативного рівня та є істотно нижчим за багаторічний фон. Отримані результати вказують на стабільно низькі концентрації нітритного азоту у воді річки в межах досліджуваних ділянок і їх відповідність чинним екологічним нормативам.

Аналіз наведених даних свідчить, що концентрація нітратів у воді річки Сейм у досліджених точках залишається низькою та значно нижчою за гранично допустиму концентрацію – 40 мг/дм³ (рис. 6). У зразку № 1 показник становить 1,0 мг/дм³, у зразку № 2 – 0,85 мг/дм³, а в зразку № 3 – 0,75 мг/дм³. Для порів-

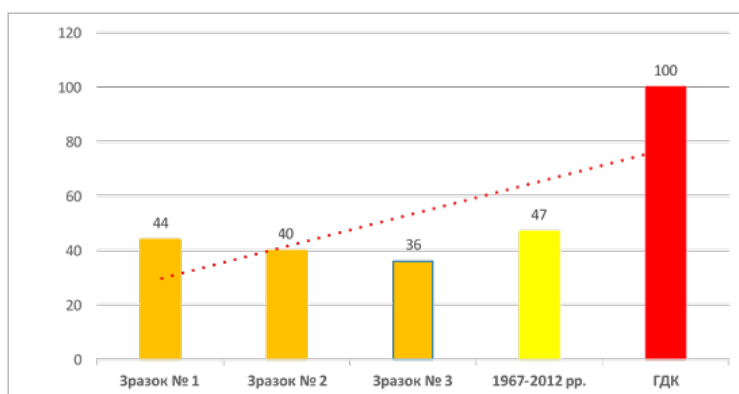


Рис. 3. Уміст сульфатів у воді річки Сейм

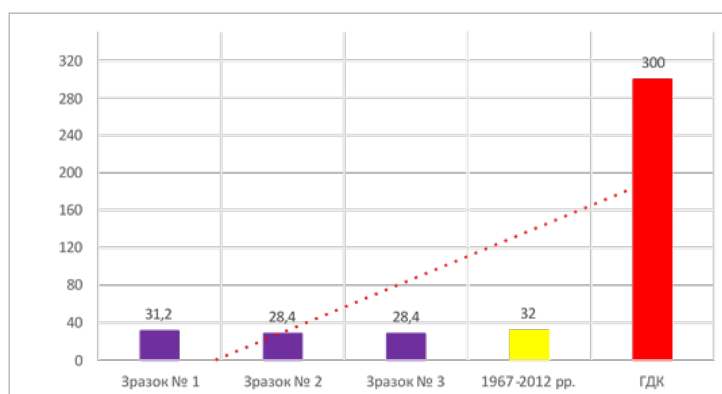


Рис. 4. Уміст хлоридів у воді річки Сейм

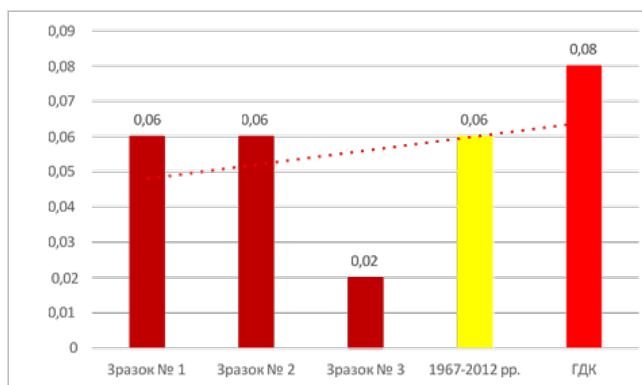


Рис. 5. Уміст нітритів у воді річки Сейм

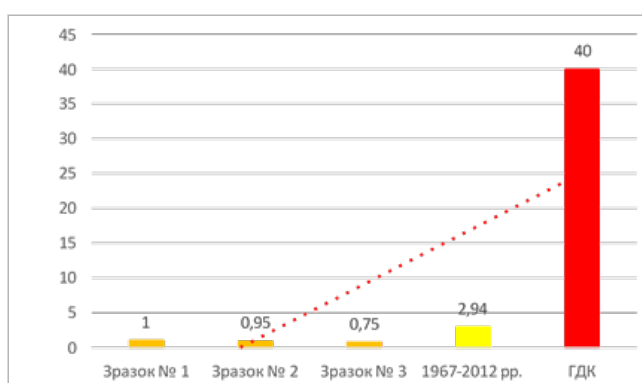


Рис. 6. Уміст нітратів у воді річки Сейм

няння, середнє багаторічне значення за період 1967–2012 дорівнює 2,64 мг/дм³ і також суттєво нижче за норматив. Отримані результати вказують, що сучасний рівень нітратного азоту у воді річки не перевищує екологічно безпечних значень і є навіть нижчим за історичні середні показники, що свідчить про відсутність інтенсивного надходження нітратів у період дослідження.

Аналіз наведених даних показує, що вміст загального заліза у воді річки Сейм у сучасних точках спостереження коливається в межах 0,37–0,79 мг/дм³ та перевищує екологічно допустиму концентрацію (рис. 7). Для порівняння, середнє багаторічне значення за 1967–2012 становить 0,3 мг/дм³, що відповідає нормативу.

Концентрація перевищувала нормативи у 3,7–7,9 рази, що свідчить про погіршення гідрохімічного стану порівняно з історичним фоном. Зростання вмісту заліза може бути наслідком підвищеного антропогенного навантаження, транскордонних скидів і руйнування інфраструктури внаслідок

воєнних дій, що створює ризики токсичного впливу на водні біоресурси й знижує біопродуктивність екосистеми.

Аналіз даних хімічного споживання кисню (ХСК) у воді річки Сейм на досліджених ділянках виявляє, що воно є високим і демонструє чітке перевищення екологічно допустимого рівня (рис. 8). Для порівняння, середнє багаторічне значення за 1967–2012 становило 18,1 мгО₂/дм³ і було істотно нижчим за сучасні показники.

Перевищення гранично допустимих концентрацій сягало 1,16–1,2 рази, що свідчить про значне надходження органічних речовин, здатних знижувати концентрацію розчиненого кисню та погіршувати умови існування гідробіонтів.

Дані, наведені на рисунку 9, свідчать про підвищений рівень біохімічного споживання кисню (БСК₅) у воді річки Сейм у точках спостереження, що свідчить про суттєве погіршення органічного стану водойми порівняно як із нормативами, так і з багаторічними даними спостережень річки Сейм.

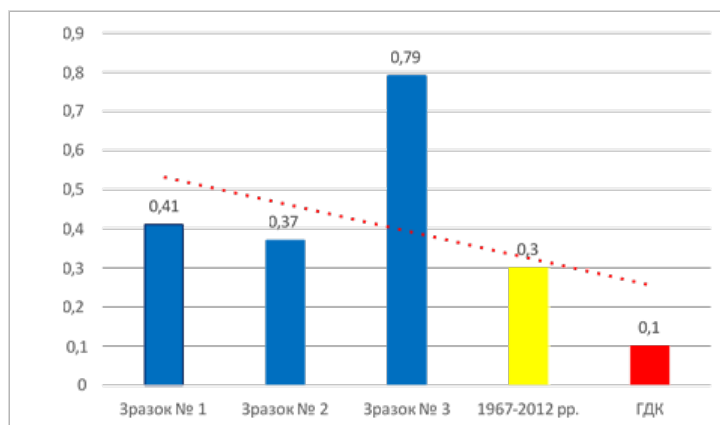


Рис. 7. Уміст загального заліза у воді річки Сейм

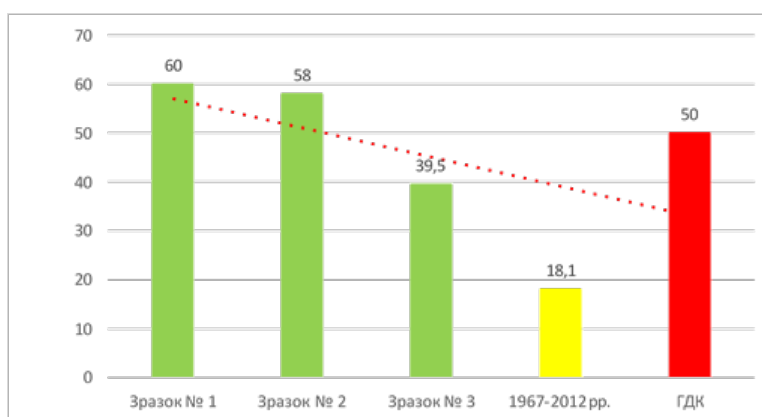


Рис. 8. Хімічне споживання кисню (XSK) у воді річки Сейм

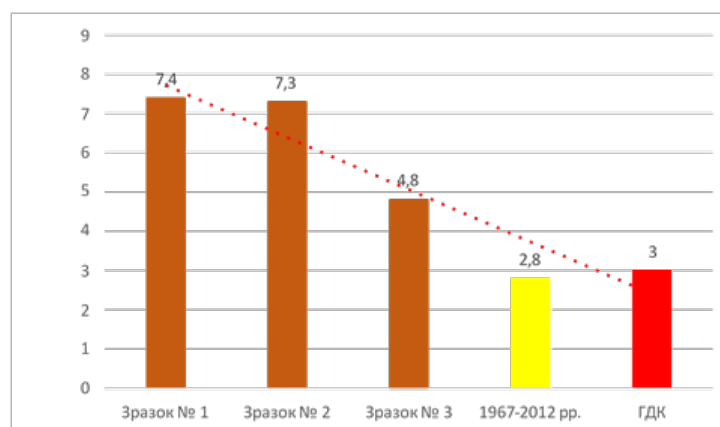


Рис. 9. Біохімічне споживання кисню (BSK₅) у воді річки Сейм

Отримані результати свідчать, що загальний стан води річки Сейм є неоднорідним за різними показниками. Реакція середовища (pH) залишається в межах норматив-

ного діапазону 6,5–8,5, хоча спостерігається тенденція до помірного підкислення порівняно з багаторічними значеннями. Амонійний азот значно перевищує допу-

стимі рівні (у 1,4–2,7 раза), що вказує на виражене органічне навантаження та транскордонне надходження забруднювачів. Концентрації сульфатів і хлоридів загалом відповідають нормативам і залишаються на рівні або нижче історичного фону, що свідчить про відсутність засолення. Нітрити й нітрати знаходяться на низькому рівні та не перевищують ГДК, а сучасні показники нітратного азоту навіть нижчі за багаторічні середні. Натомість уміст загального заліза історично залишався підвищеним і суттєво перевищував установлені нормативи (до 7,9 раза), що може бути зумовлено природними особливостями водозбору – болотистими й алювіальними ґрунтами, багатими на сполуки заліза, і сезонною мобілізацією залізовмісних колоїдів унаслідок паводків і підтоплення заплави, хоча не можна повністю виключати й антропогенний вплив (Лінник, 2018). Інтегральні показники органічного забруднення – ХСК і БСК₅ – значно перевищують нормативи й історичний фон, що підтверджує зростання органічного навантаження та зниження кисневого режиму річки.

Обговорення

Період серпня-жовтня 2024 року став показовим щодо екологічних ризиків транскордонного забруднення під час воєнної агресії. На території селища міського типу Тьоткіно Глушківського району Курської області держави-агресора розташований Тьоткінський цукровий завод із двома відкритими басейнами-накопичувачами рідких відходів, сполученими з виробничими корпусами трубопроводами. Під час бойових дій у цьому регіоні зафіксовано неконтрольовані скиди високоорганічних стічних вод у річку Сейм, що призвело до масової загибелі риби на території Сумської та Чернігівської областей (Державна ..., 2025).

Стічні води цукрових виробництв характеризуються надзвичайно високим органічним навантаженням: біохімічне споживання кисню (БСК₅) зазвичай сягає 4000–7000 мгО₂/дм³, хімічне споживання кисню (ХСК) – 6000–10 000 мгО₂/дм³, при цьому вони містять до 5000 мг/дм³ завислих речовин, високий уміст амонію та сапонінів, здатних знижувати рН і викликати кисневий дефіцит у водних екосистемах (Коваленко, 2022; Пономаренко, 2020; Nawaz et al., 2021). Традиційні методи очищення таких стічних вод, хоча й залишаються ефективними, є надзвичайно трудо-

місткими й економічно затратними, тому на практиці вони часто ігноруються, що призводить до скидання недостатньо очищених або взагалі необроблених відходів безпосередньо у водні об'єкти (Nawaz et al., 2021), що в період активних бойових дій робить транскордонні річки надзвичайно вразливими.

Результати наших гідрохімічних досліджень у зазначений період підтверджують різке погіршення якості води річки Сейм. ХСК у верхніх створах сягало 58–60 мгО₂/дм³ при багаторічному середньому значенні 18,1 мгО₂/дм³ та нормативі для рибогосподарських водойм 50 мгО₂/дм³, що свідчить про надзвичайно високе органічне навантаження. БСК₅ досягало 7,3–7,4 мгО₂/дм³ при нормативі 3 мгО₂/дм³ та багаторічному рівні 2,8 мгО₂/дм³, що вказує на інтенсивний розклад органіки й кисневий дефіцит. Амонійний азот перевищував допустимі значення у 1,4–2,7 раза (0,94–2,15 мг/дм³ при нормі 0,5–1,0 мг/дм³), а загальне залізо сягало 0,79 мг/дм³, що перевищує норматив (0,1 мг/дм³) у 7,9 раза й значно вище за багаторічне середнє 0,3 мг/дм³. Водночас концентрації сульфатів (≈ 40 мг/дм³ при ГДК 100 мг/дм³), хлоридів (29,4 мг/дм³ при ГДК 300 мг/дм³), а також нітратів і нітритів залишалися в межах екологічних нормативів і навіть нижчими за історичні показники. Це свідчить, що забруднення мало переважно органічний і металевий характер, не супроводжувалося засоленням чи надмірним надходженням нітратного азоту.

Події 2024 року яскраво продемонстрували вразливість транскордонних водних екосистем у воєнний час. Руїнування промислових об'єктів та очисних споруд на території держави-агресора створює додаткові джерела небезпечних речовин, тоді як сучасна система моніторингу в Україні залишається фрагментарною й не забезпечує оперативного виявлення та попередження подібних катастроф. Відсутність дієвих міжнародних механізмів екологічного контролю й відшкодування збитків поглиблює ризики деградації водних ресурсів та ускладнює захист екосистем від наслідків воєнних дій.

Отримані результати підтверджують необхідність гармонізації національної системи моніторингу з європейським законодавством, зокрема вимогами Водної рамкової директиви ЄС (Directive 2000/60/EC ..., 2000), а також упровадження принципів інтегрованого басейнового управління й механізмів екстреного екологічного реа-

гування (Strokal et al, 2021). Такий підхід сприятиме створенню системи раннього попередження, оперативному документуванню екологічної шкоди від воєнних злочинів і посиленню здатності України захищати власні водні ресурси від транскордонних загроз.

Висновки

Дослідження засвідчило суттєве погіршення гідрохімічного стану річки Сейм у період аварійних скидів серпня-жовтня 2024 року, що спричинені руйнуванням промислової інфраструктури на території держави-агресора й потраплянням у водотік високоорганічних стічних вод цукрового виробництва. У сучасних пробах зафіксовано підвищений уміст амонійного азоту, загального заліза та значне зростання інтегральних показників органічного забруднення – хімічного й біохімічного споживання кисню, що перевищують як установлені нормативи, так і багаторічні фонові значення. Натомість концентрації сульфатів, хлоридів, нітратів і нітритів залишаються в межах екологічно безпечних рівнів, що свідчить про домінування органічного та металевого

характеру антропогенного впливу без ознак засолення чи накопичення сполук азоту в окисненій формі. Отримані результати підтверджують, що воєнні дії створюють високі ризики для транскордонних водних систем, оскільки руйнування промислових об'єктів і очисних споруд зумовлює неконтрольовані скиди небезпечних речовин та ускладнює екологічний контроль. Подальший розвиток досліджень доцільно спрямувати на вдосконалення системи оперативного моніторингу якості води із залученням дистанційного зондування й автоматизованих станцій, розроблення методів фіксації та юридичного підтвердження екологічної шкоди, а також на глибший токсикологічний і біоіндикаційний аналіз впливу аварійних скидів на водні біоресурси. Необхідним є гармонізування національної системи контролю з положеннями Водної рамкової директиви ЄС (Directive 2000/60/EC ..., 2000) і впровадження принципів інтегрованого басейнового управління, що дасть змогу своєчасно виявляти загрози та підвищить здатність України захищати свої водні ресурси в умовах воєнних ризиків.

Список використаної літератури

- Бірюков О.В. Гідрохімічний аналіз динаміки змін якості поверхневих вод річки Оскіл. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. 2023. Вип. 29. С. 17–24. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-29-02>.
- Державна екологічна інспекція України. Оперативна інформація щодо ситуації на річках Сейм та Десна. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.dei.gov.ua/post/2958> (дата звернення: 06.10.2025).
- Державна служба України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів. Сумщина: виявлено забруднення річки Сейм біля кордону з РФ. [Електронний ресурс]. URL: <https://dpss.gov.ua/news/sumshchyna-vyavleno-zabrudnennia-richky-seim-bilia-kordonu-z-rf> (дата звернення: 06.10.2025).
- Про внесення змін до деяких законів України щодо державної політики у сфері використання та охорони водних ресурсів : Закон України від 14 лип. 2021 р. № 1938-IX. *Відомості Верховної Ради України*. 2021. № 37. Ст. 317. [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0173926-21#Text> (дата звернення: 06.10.2025).
- Коваленко С.А., Пономаренко Р.В., Третьяков О.В., Титаренко А.В., Іванов Є.В. Визначення нових аспектів зміни екологічного стану поверхневого водного об'єкту. *Комунальне господарство міст. Серія «Технічні науки та архітектура»*. 2022. Том 3. № 170. С. 53–60. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2022-3-170-53-61>.
- Ліннік Р.П., Жежеря В.А., Ліннік П.М. Залізо у природних поверхневих водах України : склад, особливості міграції та біологічна роль. *Гідробіологічний журнал*. 2018. Т. 54, № 5. С. 63–80. <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v54.i5.70>.
- Лозовіцький П.С., Лозовіцький А.П. Екологічне оцінювання води Сейму на кордоні з Росією та транскордонне перенесення речовин стоком. *Екологічні науки*. 2015. № 9–10. С. 62–83.
- Пономаренко Р.В., Пляцук Л.Д., Ковальов П.А., Затько Й. Дослідження зміни якісного стану поверхневого водного об'єкта в умовах техногенного навантаження. *Техногенно-екологічна безпека*. 2020. № 8 (2/2020). С. 48–54. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4300769>.
- Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод : Постанова Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 758. [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF#Text> (дата звернення: 03.10.2025).

Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities*. L 327/1. 2000.

Feth J.H. Chloride in natural continental water: A review. *U.S. Geological Survey Water-Supply Paper*. 1981. № 2176. <https://doi.org/10.3133/wsp2176>.

Kitowski I., Cierpiał-Wolan M., Grygoruk M. The water dimensions of Russian-Ukrainian conflict. *Ecohydrology & Hydrobiology*. 2023. Vol. 23. Iss. 3. P. 335–345. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2023.05.001>.

Nawaz M.Z., Arshad M., Hussain T., Alghamdi H.A., Cheng H. Bio-purification of sugar industry wastewater and production of high-value industrial products with a zero-waste concept. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2021. Vol. 61. Iss. 21. P. 3537–3554. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1802696>.

Strokal V., Kroeze C., Kurovska N. Transboundary rivers of Ukraine: perspectives for sustainable development. *Journal of Integrative Environmental Sciences*. 2021. Vol. 18. Iss. 1. P. 1–18. <https://doi.org/10.1080/1943815X.2021.1930058>.

Zak D., Cabezas A., Gelbrecht J. Sulphate in freshwater ecosystems: A review of sources, biogeochemical cycling and ecological impacts. *Earth-Science Reviews*. 2021. Vol. 212. P. 103446. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103446>.

References

Biriukov, O.V. (2023) Hidrokhimichniy analiz dynamiky zmin yakosti poverkhnevykh vod richky Oskil [Hydrochemical analysis of surface water quality dynamics in the Oskil river]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V. N. Karazina. Seriya «Ekolohiia» [Bulletin of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series «Ecology»]*, 29, 17–24. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-29-02> [in Ukrainian].

Derzhavna ekolohichna inspektsiia Ukrainy (2025). Operativna informatsiia shchodo sytuatsii na richkakh Seim ta Desna [Operational information on the situation on the Seim and Desna rivers]. [Electronic resource] URL: <https://www.dei.gov.ua/post/2958> (access date: 06.10.2025) [in Ukrainian].

Derzhavna sluzhba Ukrainy z pytan bezpechnosti kharchovykh produktiv ta zakhystu spozhyvachiv (2024, August 21). Sumshchyna: vyjavleno zabrudnennia richky Seim bilia kordonu z RF [Sumy region: pollution of the Seim River detected near the border with Russia]. [Electronic resource] URL: <https://dpss.gov.ua/news/sumshchyna-vyjavleno-zabrudnennia-richky-seim-bilia-kordonu-z-rf> (access date: 06.10.2025) [in Ukrainian].

Zakon Ukrainy «Pro vnesennia zmin do deiakykh zakoniv Ukrainy shchodo derzhavnoi polityky u sferi vykorystannia ta okhorony vodnykh resursiv» vid 14 lypnia 2021 r. № 1938-IX [Law of Ukraine «On amendments to certain laws of Ukraine on state policy in the field of use and protection of water resources», July 14, 2021, № 1938-IX]. (2021). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy [Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine]*, 37, 317. [Electronic resource] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0173926-21#Text> (access date: 06.10.2025) [in Ukrainian].

Kovalenko, S.A., Ponomarenko, R.V., Tretyakov, O.V., Titarenko, A.V., & Ivanov, Ye.V. (2022). Vyznachennia novykh aspektiv zminy ekolohichnoho stanu poverkhnevoho vodnoho obiekta [Determination of New Aspects of Changes in the Ecological State of a Surface Water Body]. *Komunalne hospodarstvo mist. Seriya: Tekhnichni nauky ta arkhitektura [Municipal Economy of Cities. Series: Engineering Sciences and Architecture]*, 3(170), 53–60. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2022-3-170-53-61> [in Ukrainian].

Linnik, R.P., Zhezheria, V.A., & Linnik, P.M. (2018). Zalizo u pryrodnykh poverkhnevykh vodakh Ukrainy: sklad, osoblyvosti mihratsii ta biolohichna rol [Iron in natural surface waters of Ukraine: composition, migration features and biological role]. *Hidrobiolohichniy zhurnal [Hydrobiological Journal]*, 54(5), 63–80. <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v54.i5.70> [in Ukrainian].

Lozovitskyi, P.S., & Lozovitskyi, A.P. (2015). Ekolohichne otsiniuvannia vody Seimu na kordoni z Rosiieiu ta transkordonne perenesennia rehovyn stokom [Ecological assessment of the Seim River water at the border with Russia and transboundary transfer of substances by runoff]. *Ekolohichni nauky [Ecological Sciences]*, 9–10, 62–83 [in Ukrainian].

Ponomarenko, R.V., Plyatsuk, L.D., Kovalov, P.A., & Zatko, Y. (2020). Doslidzhennia zminy yakisnoho stanu poverkhnevoho vodnoho obiekta v umovakh tekhnogennoho navantazhennia [Research of changes in the qualitative state of a surface water body under conditions of technogenic

load]. *Tekhnohenno-ekolohichna bezpeka [Technogenic and Environmental Safety]*, 8(2/2020), 48–54. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4300769> [in Ukrainian].

Kabinet Ministriv Ukrainy (2018). Pro zatverdzhennia Poriadku zdii snennia derzhavnoho monitorynhu vod [On the approval of the Procedure for conducting state water monitoring] (Postava № 758 vid 19 veresnia 2018 r.). [Electronic resource] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF#Tex> (access date: 03.10.2025) [in Ukrainian].

Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy (2000). *Official Journal of the European Communities*, L 327/1 [in English].

Feth, J.H. (1981). Chloride in natural continental water: A review. *U.S. Geological Survey Water-Supply Paper*, 2176. <https://doi.org/10.3133/wsp2176> [in English].

Kitowski, I., Cierpiat-Wolan, M., & Grygoruk, M. (2023). The water dimensions of Russian–Ukrainian conflict. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 23(3), 335–345. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2023.05.001> [in English].

Nawaz, M.Z., Arshad, M., Hussain, T., Alghamdi, H.A., & Cheng, H. (2021). Bio-purification of sugar industry wastewater and production of high-value industrial products with a zero-waste concept. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(21), 3537–3554. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1802696> [in English].

Strokal, V., Kroeze, C., & Kurovska, N. (2021). Transboundary rivers of Ukraine: Perspectives for sustainable development. *Journal of Integrative Environmental Sciences*, 18(1), 1–18. <https://doi.org/10.1080/1943815X.2021.1930058> [in English].

Zak, D., Cabezas, A., & Gelbrecht, J. (2021). Sulphate in freshwater ecosystems: A review of sources, biogeochemical cycling and ecological impacts. *Earth-Science Reviews*, 212, 103446. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103446> [in English].

Отримано: 30.10.2025

Прийнято: 26.11.2025

Опубліковано: 30.12.2025

