

Оксана Василівна Іщук,

кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри екології та географії
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна
orcid.org/0000-0002-8993-8366, e-mail: Ishchuk-O@zu.edu.ua

Ольга Миколаївна Василенко,

кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та географії
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна
orcid.org/0000-0003-3283-6980, e-mail: Vasylenko-O@zu.edu.ua

МОНІТОРИНГ МИШ'ЯКУ ТА КАДМІЮ У ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ ТРАНСКОРДОННОГО БАСЕЙНУ ДЕСНА-СЕЙМ

Анотація. У статті представлено результати дослідження рівнів миш'яку та кадмію у водному середовищі транскордонного басейну річок Десна та Сейм. Ці річки є стратегічно важливими для водопостачання, рибогосподарства й підтримання біорізноманіття Лівобережної України, тому зростання техногенного навантаження створює реальну загрозу екологічній безпеці. Проблема забруднення вод важкими металами посилюється в умовах воєнної агресії, оскільки транскордонний характер басейну підвищує ризик надходження токсичних речовин з-за меж держави.

Метою роботи є оцінка фактичних концентрацій миш'яку (As) та кадмію (Cd) у водах річок Десна та Сейм і визначення рівня їхньої небезпеки для водних організмів. Проби води відбирали у створах поблизу сіл Велике Устя, Остер, міст Чернігів і Батурин у період серпень-жовтень 2024 року. Уміст металів визначали методом атомно-абсорбційної спектроскопії згідно з вимогами ДСТУ ISO. Порівняння отриманих результатів із гранично допустимими концентраціями (ГДК) для водойм рибогосподарського призначення (As – 0,01 мг/дм³, Cd – 0,001 мг/дм³) засвідчило значне перевищення нормативів у всіх контрольних точках.

У межах міста Чернігова концентрація миш'яку сягала 0,016 мг/дм³, що в 1,6 раза перевищує ГДК, тоді як для кадмію зафіксовано показники до 3,0 мг/дм³ – перевищення в понад три тисячі разів. Аналогічні тенденції спостерігалися у створах поблизу Великого Устя й Остра (1,4–1,6 мг/дм³), що свідчить про стабільність техногенного впливу. Навіть мінімальні значення в місті Батурині (0,004 мг/дм³) перевищували норматив у чотири рази, що свідчить про тривале забруднення водного середовища.

Виявлені концентрації миш'яку та кадмію формують небезпечний токсикологічний фон для всього комплексу гідробіонтів. Отримані результати свідчать про високий рівень техногенного навантаження та транскордонну природу забруднення, що може бути пов'язане з аварійними скидами промислових стоків у районі Тьоткіно. Такі процеси становлять потенційну загрозу не лише для гідроекологічного стану, а й для здоров'я населення, адже токсиканти здатні переходити до харчових ланцюгів через споживання водних організмів. Установлено необхідність посилення екологічного контролю й інтеграції даних гідрохімічного моніторингу з біологічними індикаторами стану водних екосистем.

Ключові слова: важкі метали, транскордонне забруднення, Десна, Сейм, екологічний моніторинг, гідроекологічний стан, екологічна безпека.

ВСТУП

У сучасних умовах усе більшого техногенного навантаження проблема забруднення водних екосистем важкими металами набуває особливої гостроти, оскільки ці елементи здатні створювати тривалий токсичний фон та істотно порушувати екологічну рівновагу [1]. Басейн річок Десна та Сейм є одним із найбільших водних комплексів Лівобережної України, що забезпечує питне водопостачання, рибогосподарське використання й підтримує біорізноманіття регіону. Особливої значущості набуває транскордонний аспект цих річкових систем, оскільки вони беруть початок на території російської федерації, що в умовах збройної агресії створює потенційну загрозу свідомого чи неконтрольованого перенесення токсичних речовин в український водний простір [2].

Ризик екологічного впливу з боку держави-агресора підтверджується інцидентами техногенного характеру, зокрема аварійним скиданням стічних вод із цукрового заводу в районі Тьоткіно, унаслідок чого відбулося різке погіршення гідрохімічного стану транскордонних приток [3]. Така ситуація демонструє реальну можливість формування екоциду шляхом водного забруднення, що становить загрозу не лише для гідроекологічного стану, а й для іхтіофауни як одного з найчутливіших індикаторів стану водних екосистем. Особливу небезпеку становлять неесенціальні важкі метали, насамперед миш'як і кадмій, відомі своєю високою токсичністю, кумулятивними властивостями та здатністю порушувати життєво важливі фізіолого-біохімічні процеси риб [4].

Попри наявність наукових праць, присвячених загальній оцінці якості поверхневих вод України, недостатньо дослідженим залишається питання комплексного впливу важких металів на іхтіофауну в умовах транскордонного басейну та воєнного стану. У більшості досліджень бракує інтегральних токсикологічних підходів, що поєднували б гідрохімічні дані з біологічною відповіддю організмів [5].

Метою дослідження є інтегральна оцінка техногенного забруднення вод басейну Десни та Сейму миш'яком і кадмієм і визначення потенційних екологічних ризиків для іхтіофауни шляхом порівняння фактичних концентрацій із гранично допустимими показниками.

Реалізація поставленої мети є важливим кроком до виявлення критичних зон екологічної небезпеки й обґрунтування заходів щодо посилення екологічного моніторингу у воєнних і післявоєнних умовах.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Дослідження зумовлено зафіксованими у вересні-жовтні 2024 року випадками транскордонного забруднення річок Десна та Сейм, що виникли внаслідок скидів промислових стоків із цукрового заводу в районі Тьоткіно (Курська обл., рф). З огляду на потенційну токсичність важких металів і загрозу для іхтіофауни, ініційовано гідрохімічний моніторинг водного середовища [6].

Дослідження виконано в межах контрольних створів: с. Велике Устя, с. Остер, м. Чернігів (р. Десна) та м. Батурин (р. Сейм). Відбір проб здійснювали в період з 1 серпня до 31 жовтня 2024 року включно з датами зафіксованого пікового забруднення (09.09, 24.09 та 07.10.2024).

Проби води відбирали згідно з ДСТУ ISO 5667-6:2001 і консервували за вимогами ДСТУ ISO 5667-3:2016. Уміст миш'яку (As) і кадмію (Cd) визначали методом атомно-абсорбційної спектроскопії з електротермічною атомізацією відповідно до ДСТУ ISO

15586:2011. Контроль точності здійснювали з використанням стандартних зразків і холостих проб.

Оцінювання токсичного навантаження проводили шляхом порівняння фактичних значень з гранично допустимими концентраціями (далі – ГДК) для водойм рибогосподарського призначення: As – 0,01 мг/дм³, Cd – 0,001 мг/дм³ [7].

РЕЗУЛЬТАТИ

Серед ксенобіотиків, що можуть потрапляти до організму риб із водного середовища, особливу небезпеку становлять важкі метали. З понад 80 відомих металевих елементів близько сорока класифікуються як важкі. Частина з них включно з хромом, цинком, міддю та залізом у малих фізіологічних дозах є необхідними для обміну речовин, оскільки беруть участь у ферментативній регуляції та підтриманні гомеостазу. Проте існує група неесенціальних металів, природна біологічна роль яких не встановлена, тоді як токсичний потенціал проявляється навіть за низьких концентрацій. До таких належать кадмій, ртуть, свинець, срібло, а також миш'як та алюміній, які розглядаються як пріоритетні токсиканти водного середовища [8].

Миш'як надходить до річкових систем переважно з техногенних джерел – стічних вод гірничозбагачувальних підприємств, металургійних комбінатів, шкіряного виробництва й об'єктів хімічної промисловості. Значний внесок мають також сільськогосподарські стоки, що містять арсенумісні пестициди. З огляду на це, співвідношення природного й антропогенного походження миш'яку становить приблизно 1:3 на користь техногенних джерел. Основними шляхами його надходження в організм риб є зяброва фільтрація та травний тракт [9]. Незважаючи на те що гостра токсичність миш'яку дещо нижча порівняно з іншими важкими металами, загроза полягає в хронічному впливі, здатному порушувати метаболічні процеси. Водночас неорганічні форми миш'яку можуть трансформуватися в органічні, менш токсичні сполуки, що знижує кумулятивний ефект. Для оцінки екологічної безпеки критичним орієнтиром є ГДК, встановлена для миш'яку на рівні 0,01 мг/дм³ [7].

Результати моніторингових вимірювань у басейні Десни та Сейму демонструють перевищення цього нормативу в усі досліджувані терміни (рис. 1). Максимальна концентрація, зафіксована на річці Десна в межах м. Чернігова (0,016 мг/дм³), свідчить про формування потенційно небезпечного токсикологічного фону. Подібні значення (0,013 мг/дм³) виявлені у створах поблизу с. Велике Устя й м. Батурин, що вказує на просторову стабільність забруднення.

Не менш значимим є кадмій – метал І класу небезпеки й один із найтоксичніших елементів, що має канцерогенну та кумулятивну дію. Техногенними джерелами його надходження є підприємства кольорової металургії, спалювання вугілля й твердих побутових відходів, виробництво мінеральних добрив і барвників. У водному середовищі кадмій переважно перебуває у формі двовалентного іона, здатного осаджуватися у вигляді карбонатів і повторно переходити в розчин при зміщенні водневого показника в кислий бік. Попри те що деякі джерела відзначають обмежену біомагніфікацію кадмію в трофічних ланцюгах, сучасні дослідження підтверджують його накопичення в тканинах риб, особливо в зябрах і печінці, що призводить до ураження життєво важливих систем [8].

Законодавчо встановлена ГДК кадмію для водойм рибогосподарського призначення становить 0,001 мг/дм³ [7], тоді як фактичні концентрації у створі поблизу м. Чернігова

досягали $3,0 \text{ мг/дм}^3$, перевищуючи норматив у тисячі разів. У створах поблизу Великого Устя й Остра значення становили $1,4\text{--}1,6 \text{ мг/дм}^3$, що підтверджує стійкий характер забруднення. Навіть найнижчий зафіксований показник ($0,004 \text{ мг/дм}^3$ у м. Батурин) перевищує ГДК у чотири рази (рис 2).

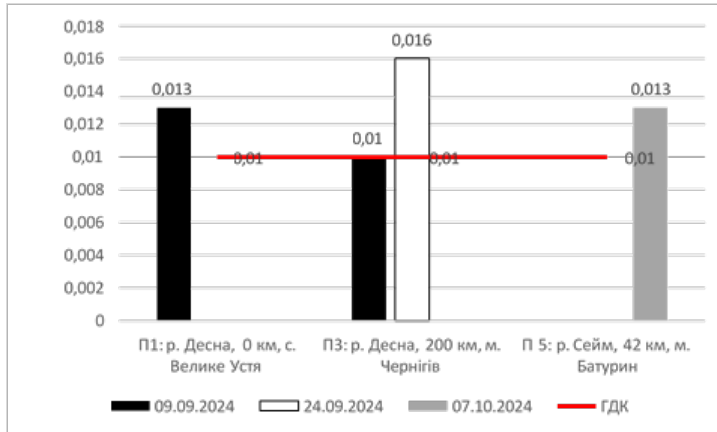


Рис. 1. Концентрація миш'яку у водах річок Десна та Сейм

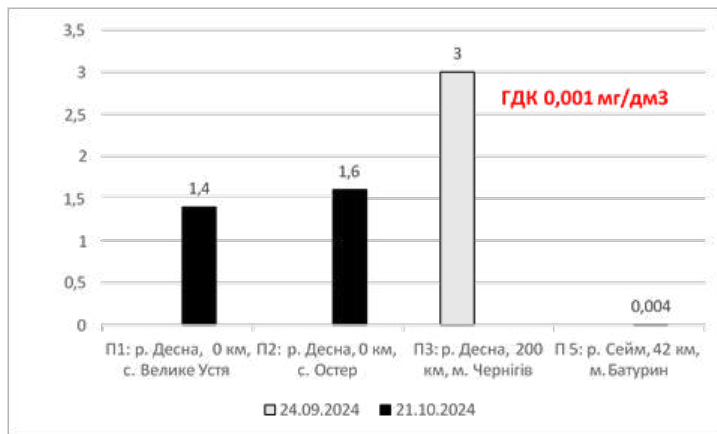


Рис. 2. Концентрація кадмію у водах річок Десна та Сейм

Кадмій належить до найбільш небезпечних ксенобіотиків, оскільки здатний тривало накопичуватися в організмах водних мешканців і становить загрозу не лише для іхтіофауни, а й для здоров'я людини внаслідок потрапляння по трофічному ланцюгу [8].

ВИСНОВКИ

Дослідження стану поверхневих вод басейну річок Десна та Сейм засвідчило наявність стійкого техногенного навантаження, зумовленого надлишком миш'яку та

кадмію стосовно нормативів, установлених для водойм рибогосподарського призначення. Виявлені концентрації кадмію в межах міста Чернігова, що перевищують гранично допустимі значення в тисячі разів, свідчать про критичний рівень забруднення й дають змогу розглядати поточну ситуацію як таку, що становить реальну загрозу для іхтіофауни. У випадку миш'яку зафіксовано менш різкі, але стабільні перевищення нормативів, що вказує на хронічний характер забруднення та безперервність техногенного впливу.

Отримані дані дають підстави припускати транскордонну природу забруднення, зважаючи на наявність джерел техногенних скидів за межами України, зокрема пов'язаних з аварійними ситуаціями на промислових об'єктах, як це мало місце на цукровому заводі в районі Тьоткіно. За таких умов екологічна безпека басейну Десни та Сейму не може забезпечуватися лише на національному рівні й потребує перегляду чинних підходів до моніторингу із залученням міжнародного контролю та механізмів попередження екоцидних впливів.

Виявлені концентрації миш'яку та кадмію вказують на можливе пригнічення життєво важливих фізіологічних функцій гідробіонтів, зокрема репродуктивних процесів, дихальної активності й метаболічної рівноваги. З урахуванням накопичувальних властивостей кадмію та потенційної здатності миш'яку до біотрансформації існує загроза передачі цих токсикантів у трофічних ланцюгах, що створює ризики не лише для мешканців водойм, а й для здоров'я людини.

Перспективи подальших досліджень полягають у комплексній токсикологічній оцінці впливу важких металів на іхтіофауну із застосуванням індикаторних видів риб та інтегральних біомаркерів, а також у розширенні спектра визначуваних речовин за рахунок свинцю, ртуті й нікелю. Наукового розвитку потребують також моделі прогнозування екологічних ризиків у контексті воєнних загроз та аварійних сценаріїв, що передбачають можливе цілеспрямоване використання водних артерій як інструмента техногенного впливу. Результати дослідження становлять практичну основу для вдосконалення басейнових програм моніторингу й формування превентивних природоохоронних заходів, спрямованих на відвернення екологічних криз у транскордонних водних системах.

ЛІТЕРАТУРА

1. 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*. 2000. L 327/1.
2. 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.
3. Державна екологічна інспекція України. Оперативна інформація щодо ситуації на річках Сейм та Десна. URL: <https://www.dei.gov.ua/post/2958> (дата звернення: 06.10.2025).
4. Гандзюра В.П., Злацький І.А. та ін. Адаптації риб і ракоподібних до токсичного водного середовища. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія «Біологія»*. 2017. № 4. С. 85–92.
5. Biedunkova O., Kuznietsov P., Gandziura, V. Behaviour of dissolved inorganic salts in the cooling water of a nuclear power plant open recirculation system and formation of water discharge. *R. Soc. Open Sci.* 2024. Vol. 11. 240492. DOI: 10.1098/rsos.240492.
6. Державна служба України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів. Сумщина: виявлено забруднення річки Сейм біля кордону з РФ. 21.08.2024.

URL: <https://dpss.gov.ua/news/sumshchyna-vyivleno-zabrudnennia-richky-seim-bilia-kordonu-z-rf> (дата звернення: 06.10.2025).

7. 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. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0173926-21#Text> (дата звернення: 06.10.2025).
8. Klymenko M.O., Biedunkova O.O., Klymenko O.M., Statnyk I.I. Influence of river water quality on homeostasis characteristics of cypriniform and perciform fish. *Biosystems Diversity*. 2018. Vol. 26, № 1. P. 16–23.
9. Гандзюра В.П., Корево Н.І. Особливості впливу важких металів на риб за хронічного та періодичного забруднення водного середовища. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія «Біологія»*. 2015. № 3–4. С. 116–119.

REFERENCES

1. European Parliament and Council of the European Union. (2000). 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).
2. 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 on the border with Russia and transboundary transfer of substances by runoff]. *Ekolohichni nauky*, (9–10), 62–83 [in Ukrainian].
3. Derzhavna ekolohichna inspektsiia Ukrainy. (2025, October 6). Operativna informatsiia shchodo sytuatsii na richkakh Seim ta Desna [Operational information on the situation on the Seim and Desna rivers]. Retrieved from: <https://www.dei.gov.ua/post/2958> (Original work published 2025) [in Ukrainian].
4. Handziura, V.P., Kovalenko, V.F., Zlatskii, I.A., et al. (2017). Adaptatsii ryb i rakopodibnykh do toksychnoho vodnoho sredovyscha [Adaptations of fish and crustaceans to a toxic aquatic environment]. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Serii: Biolohiia*, (4), 85–92 [in Ukrainian].
5. Biedunkova, O., Kuznietsov, P., & Gandziura, V. (2024). Behaviour of dissolved inorganic salts in the cooling water of a nuclear power plant open recirculation system and formation of water discharge. *R. Soc. Open Sci.*, 11, 240492. DOI: 10.1098/rsos.240492.
6. Derzhavna sluzhba Ukrainy z pytan bezpechnosti kharchovykh produktiv ta zakhystu spozhyvachiv. (2024, August 21). Sumshchyna: vyivleno zabrudnennia richky Seim bilia kordonu z RF [Sumy region: contamination of the Seim River near the border with the Russian Federation detected]. Retrieved from: <https://dpss.gov.ua/news/sumshchyna-vyivleno-zabrudnennia-richky-seim-bilia-kordonu-z-rf> (Accessed: October 6, 2025) [in Ukrainian].
7. Verkhovna Rada Ukrainy. (2021). Zakon Ukrainy «Pro vnesennia zmin do deiakykh zakoniv Ukrainy shchodo derzhavnoi polityky u sferi vykorystannia ta okhorony vodnykh resursiv» vid 14 lyp. 2021 r. № 1938-IX [Law of Ukraine «On Amendments to Certain Laws of Ukraine Regarding State Policy in the Sphere of Use and Protection of Water Resources» of July 14, 2021, № 1938-IX]. *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy*, (37), Art. 317. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0173926-21#Text> (Accessed: October 6, 2025) [in Ukrainian].
8. Klymenko, M.O., Biedunkova, O.O., Klymenko, O.M., & Statnyk, I.I. (2018). Influence of river water quality on homeostasis characteristics of cypriniform and perciform fish. *Biosystems Diversity*, 26(1), 16–23.

9. Handziura, V.P., & Korevo, N.I. (2015). Osoblyvosti vplyvu vazhkykh metaliv na ryb za khronichnoho ta periodychnoho zabrudnennia vodnoho seredovyscha [Features of the influence of heavy metals on fish under chronic and periodic contamination of the aquatic environment]. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Seriya: Biolohiia*, (3–4), 116–119 [in Ukrainian].

ABSTRACT

MONITORING OF ARSENIC AND CADMIUM IN AQUATIC ECOSYSTEMS OF THE DESNA-SEYM TRANSBORDER BASIN

The article presents the results of a study of arsenic and cadmium levels in the aquatic environment of the Desna and Seim transboundary basin. These rivers are strategically important for water supply, fisheries, and biodiversity maintenance of Left-Bank Ukraine, therefore the increase in technogenic load creates a real threat to ecological safety. The problem of water pollution with heavy metals intensifies in conditions of military aggression, since the transboundary nature of the basin increases the risk of toxic substances entering from outside the state.

The aim of the work is to assess the actual concentrations of arsenic (As) and cadmium (Cd) in the waters of the Desna and Seim rivers and determine the level of their danger to aquatic organisms. Water samples were taken at the sites near the villages of Velikiye Ustya, Oster, and the cities of Chernihiv and Baturyn in the period August-October 2024. The content of metals was determined by atomic absorption spectrometry in accordance with the requirements of DSTU ISO. Comparison of the obtained results with the maximum permissible concentrations (MPC) for water bodies for fishery purposes (As – 0.01 mg/dm³, Cd – 0.001 mg/dm³) showed a significant excess of the standards at all control points.

Within the city of Chernihiv, the concentration of arsenic reached 0.016 mg/dm³, which is 1.6 times higher than the MPC, while for cadmium, indicators of up to 3.0 mg/dm³ were recorded – an excess of more than three thousand times. Similar trends were observed at the sites near Velikiye Ust'ye and Ostra (1.4–1.6 mg/dm³), which indicates the stability of the anthropogenic impact. Even the minimum values in the city of Baturyn (0.004 mg/dm³) exceeded the standard by four times, which indicates long-term pollution of the aquatic environment.

The detected concentrations of arsenic and cadmium form a dangerous toxicological background for the entire complex of aquatic organisms. The results obtained indicate a high level of anthropogenic load and the transboundary nature of pollution, which may be associated with emergency discharges of industrial wastewater in the Tyotkino area. Such processes pose a potential threat not only to the hydroecological state, but also to public health, since toxicants can enter the food chain through the consumption of aquatic organisms. The need for increased environmental control and integration of hydrochemical monitoring data with biological indicators of the state of aquatic ecosystems has been established.

Key words: heavy metals, transboundary pollution, Desna, Sejm, environmental monitoring, hydroecological state, environmental safety.

Стаття надійшла у редакцію: 22.10.2025

Прийнято: 17.11.2025

Опубліковано: 26.12.2025