

ГІДРОЕКОЛОГІЯ

УДК 574.63:543.064:547.495

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.2.14>

МОНІТОРИНГ ХЛОРОРАНІЧНИХ СПОЛУК У ВОДНИХ БІОЛОГІЧНИХ РЕСУРСАХ РІЧКИ СЕЙМ ЯК ОСНОВА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РИБНОЇ ПРОДУКЦІЇ

¹Іщук О.В. – к. с.-г. н., доцент,
orcid.org/0000-0002-8993-8366

²Бордюг Н.С. – доктор педагогічних наук, професор
orcid.org/0000-0002-3489-4669

¹Житомирський державний університет імені Івана Франка

²Херсонський державний аграрно-економічний університет

Ischuk_o@ukrl.net, natali-21@ukr.net

Забезпечення продовольчої безпеки та якості харчових продуктів є пріоритетним завданням сучасності. Риба та інші водні біологічні ресурси здатні акумулювати у своїх тканинах небезпечні забруднювачі, зокрема стійкі хлорорганічні сполуки (ХОС), такі як пестициди (ДДТ, ГХЦГ, гептахлор) та поліхлоровані біфеніли. Ці речовини мають високу токсичність, здатність до біоаккумуляції в харчових ланцюгах та виявляють канцерогенні й мутагенні властивості, що становить серйозну загрозу для здоров'я людей. Масштабне транскордонне забруднення річки Сейм у серпні 2024 року, що призвело до масової загибелі біоресурсів, підсилило необхідність об'єктивної оцінки безпеки рибної продукції.

Метою дослідження був моніторинг вмісту хлорорганічних пестицидів у тканинах промислових видів гідробіонтів річки Сейм (щука, краснопінка, бички, річковий рак) для оцінки ризиків їх споживання. Дослідження проводили у вересні 2024 року. Вміст хлорорганічних пестицидів визначали методом газорідинної хроматографії.

Результати показали, що у всіх досліджених зразках присутні залишкові кількості ХОС. Найбільш забрудненими виявилися зразки краснопінки, сумарна концентрація ДДТ та ГХЦГ у яких становила 0,0615 мг/кг. У цьому виді також виявлено заборонений високотоксичний гептахлор (0,0085 мг/кг). У всіх аналізованих гідробіонтах зафіксовано значні концентрації ДДТ та його метаболітів (ДДД, ДДЕ), що свідчить про тривале і стійке забруднення річки цими сполуками. Виявлена закономірність підтверджує здатність ХОС до біоаккумуляції в харчовому ланцюгу.

Отримані дані підтверджують наявність загрози забруднення рибної продукції з р. Сейм небезпечними хлорорганічними сполуками. Результати дослідження є науковою основою для розробки заходів з мінімізації ризиків для здоров'я населення, включаючи рекомендації щодо безпечного споживання риби та розроблення програми постійного моніторингу.

Ключові слова: річка Сейм, водні біоресурси, моніторинг, хлорорганічні сполуки, біоаккумуляція, екологічна безпека.

Постановка проблеми. Забезпечення продовольчої безпеки та якості харчових продуктів є одним із пріоритетних завдань сучасності [3]. Відомо, що водні біологічні ресурси наділені здатністю до акумуляції різноманітних забруднювачів [1], у тому числі хлорорганічних сполук (ХОС) [2, 4, 7]. Ці сполуки мають високу стійкість до розкладання, здатність до біоаккумуляції по харчовому ланцюгу та виявляють канцерогенні, мутагенні та тератогенні властивості, що становить серйозну загрозу для здоров'я людей. У серпні 2024 року відбулося масштабне транскордонне забруднення річки Сейм, Існує підозра, що забруднення могло статися внаслідок скидання невідомих речовин у річку з території Росії. За офіційними даними, унаслідок забруднення річок Сейм і Десна загинуло понад 36 тисяч тон біоресурсів [3]. З огляду на це, виникла необхідність оцінки рівнів накопичення хлорорганічних сполук у різних видах риб річки Сейм для обґрунтування їх безпеки та розробки заходів щодо мінімізації ризиків споживання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема забруднення водних екосистем стійкими органічними забруднювачами, зокрема хлорорганічними сполуками (ХОС), залишається актуальною у всьому світі [1, 2, 4, 7]. Річка Сейм, як важлива водна артерія України, потребує особливої уваги через значне антропогенне навантаження на її басейн. Аналіз останніх наукових досліджень показує, що хоча прямих досліджень гідробіонтів р. Сейм на вміст ХОС майже не проводилося, існують численні роботи, що опосередковано підтверджують актуальність та необхідність такого моніторингу [1, 3]. Зокрема, питання моніторингу хлорорганічних пестицидів в організмах гідробіонтів висвітлені в працях Аврошко Є.М., Торяник В.М., Т. О. Берсан, Ю.М. Ситник, Колесник Н.Л. та Розум Є.Ю [1, 2, 4, 7]. Аналіз результатів їхніх досліджень показав, що найвищі концентрації ХОС фіксуються в жирових тканинах, печінці та ікрі, а рівень накопичення корелює з трофічним рівнем виду (хижаки накопичують більше). Узагальнюючі їхні дані можна зробити висновок, що хлорорганічні пестициди і поліхлоровані біфеніли мають токсичну дію на водні організми при значно нижчих концентраціях, ніж інші забруднювачі. Для багатьох хлорорганічних пестицидів, таких як ДДТ, ГХЦГ та інших, їх присутність у водоймах рибогосподарського призначення взагалі не допускається через високу стійкість і здатність до біоаккумуляції [7].

Необхідно відмітити, що більшість публікацій мають фрагментарний характер і здебільшого стосуються вмісту в гідробіонтах важких металів. Таким чином, необхідність проведення власного дослідження безпеки рибної продукції р. Сейм обумовлена наявністю загрози та відсутністю конкретних даних для даного об'єкта, що унеможливорює об'єктивну оцінку ризиків та прийняття управлінських рішень.

Метою нашої роботи було провести моніторинг вмісту основних хлорорганічних сполук (пестицидів та поліхлорованих біфенілів) у тканинах різних видів риб, що мають найбільше промислове значення у річці Сейм, та оцінити безпеку рибної продукції на їх основі.

Матеріали і методи дослідження. Об'єктом дослідження були водні біологічні ресурси річки Сейм, а саме щука, краснопірка, бички та річковий рак. Сукупність цих видів дозволяє дослідити процес біоаккумуляції хлорорганічних сполук на різних рівнях харчового ланцюга:

Збір та обробку іхтіологічного матеріалу проводили із використанням загальноприйнятих класичних методик [5, 6]. Визначення хлорорганічних пестицидів та поліхлорованих біфенілів проводили методом газорідинної хроматографії за ДСТУ 4514:2006. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=84329

Статистичні розрахунки проводили з використанням пакету прикладних програм Microsoft Excel 2021.

Результати досліджень та їх обговорення. Хлорорганічні пестициди та поліхлоровані біфеніли мають значну токсичність для водних організмів навіть за низьких концентрацій, що підтверджується дослідженнями Колесника Н. Л., Розум Є. Ю. [4, 7]. Для багатьох хлорорганічних пестицидів, таких як ДДТ, ГХЦГ та гептахлор, їхня присутність у водоймах рибогосподарського призначення повністю заборонена через високу стійкість, здатність до біоаккумуляції та віддалених токсикологічних наслідків [4].

Вміст ХОС у відібраних зразках риби визначали у вересні 2024 р. Проведеними хіміко-токсикологічними дослідженнями зразків щуки встановлено, що концентрація ХОП (хлорорганічних пестицидів) в організмі риби в досліджуваній період коливалася від 0,0083 до 0,0094 мг/кг. Найвища концентрація хлорорганічних пестицидів була зафіксована для гептахлору (0,0094 мг/кг), також високі концентрації виявлені для ДДТ (0,0088 мг/кг). Гептахлор не виявлено в організмі щуки. Вміст у рибі ДДТ та його метаболітів (ДДД і ДДЕ) свідчить про тривале забруднення води річки Сейм, оскільки ДДТ є стійким пестицидом. Варто враховувати, що щука накопичує хлорорганічні пестициди (ХОП) через поїдання дрібнішої риби, що може призводити до збільшення їх концентрації в харчовому ланцюгу (Рис. 1).

Отримані дані щодо біоаккумуляції хлорорганічних пестицидів у щуки узгоджуються загальними закономірностями, викладеним у працях Колесник Н.Л. [4]. Цю закономірність підтверджують і результати дослідження Bordajandi et al. (2003) [8], які зафіксували підвищені концентрації стійких органічних забруднювачів саме в хижих видів риб, таких як європейський вугор та форель.

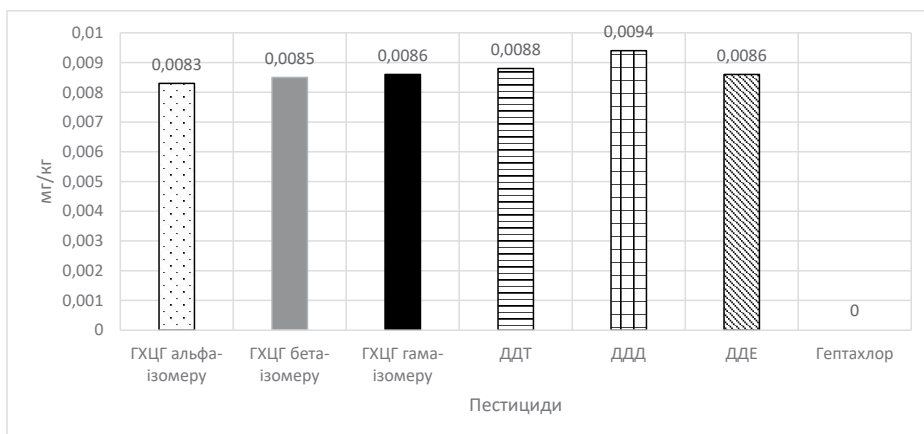


Рис. 1. Концентрація ХОП у зразках щуки, мг/кг сирої маси (р. Сейм, вересень 2024 р.)

Концентрація ХОП в зразках краснопірки, в досліджуваний період, знаходилася в межах 0,0083-0,0094 мг/кг. Максимальні концентрації виявлені для ГХЦГ бета-ізомеру (0,0093 мг/кг) та ДДД (0,0094 мг/кг). ДДД (дихлордифенілетилен) є продуктом розпаду ДДТ – інсектициду, який раніше широко використовували. Необхідно відмітити, що порівняно зі зразками щуки, у зразках краснопірки було виявлено гептахлор у концентрації 0,0085 мг/кг. Гептахлор через високу свою токсичність та стійкість у навколишньому середовищі заборонений для використання в багатьох країнах світу (Рис. 2).

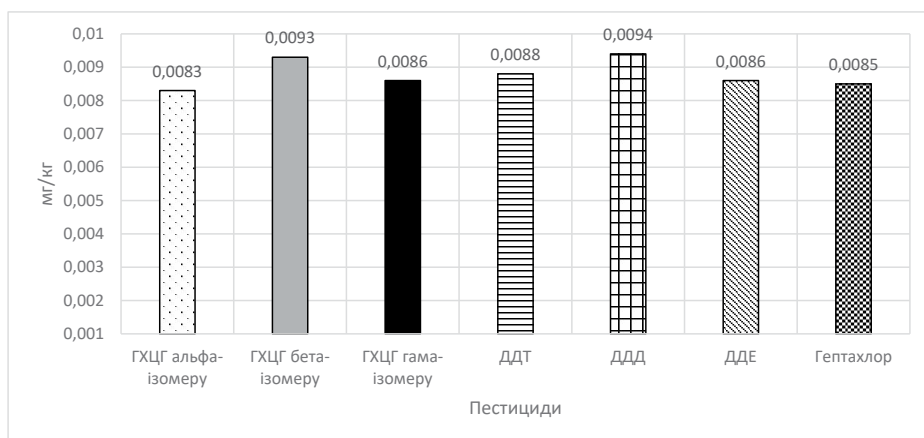


Рис. 2. Концентрація ХОП у зразках краснопірки, мг/кг сирої маси (р. Сейм, вересень 2024 р.)

Виявлення забороненого гептахлору в зразках краснопірки (0,0085 мг/кг) вказує на наявність локального джерела забруднення. Цей результат узгоджується з даними Розум Є.Ю. [7] щодо токсичності даної сполуки для риб. На відміну від наших результатів, сучасні дослідження, як-от робота Siyu Yao et al. (2022) [10] на азійських річках, фіксують вкрай рідкісні випадки виявлення гептахлору, що підтверджує гіпотезу про його надходження в р. Сейм із нелегального використання або внаслідок деградації старих сховищ пестицидів.

Вміст хлорорганічних пестицидів в зразках бичків варіював в межах від 0,0083 до 0,0094 мг/кг сирої маси. Найбільш високі концентрації відмічались для ДДТ та ДДД, відповідно 0,0088 мг/кг та 0,0094 мг/кг (Рис. 3). Тобто зберігається така ж сама тенденція до більшого накопичення цих сполук, як щукою, так і краснопіркою. Необхідно відмітити, що бички, як риби з низькою міграційною активністю, можуть слугувати біомаркером екологічного стану середовища існування.

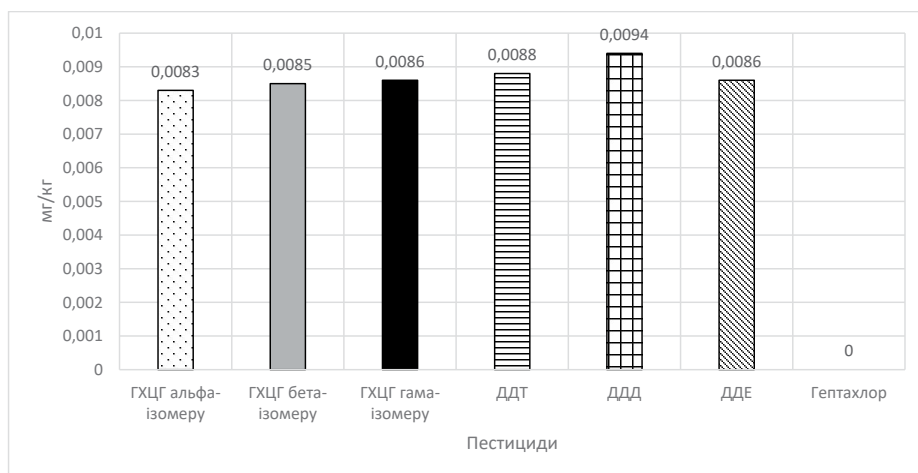


Рис. 3. Концентрація ХОП у зразках бичків, мг/кг сирої маси (р. Сейм, вересень 2024 р.)

Отримані дані підтверджують придатність осілих донних видів риб, зокрема бичків, для біомоніторингу стану водних екосистем. Це положення знаходить підтвердження в дослідженнях Juan C. Colombo et al. (2000) [11], які ідентифікували донні види риб як інтегральні показники забруднення, використовуючи їх для оцінки накопичення хлорорганічних пестицидів у гирлі річки в Південній Америці.

Як і більшість водних організмів, раки також мажуть накопичувати токсичні речовини, зокрема раки можуть поглинати хімічні сполуки через

зйбра під час дихання, через їжу. Результати наших досліджень показали, що найвищий вміст пестицидів у зразках рака річкового спостерігається для ДДД (0,0094 мг/кг). Вміст ГХЦГ (альфа, бета, гама ізомери), ДДТ та ДДЕ приблизно на одному рівні, в межах від 0,0083 мг/кг до 0,0088 мг/кг. Гептахлор не виявлений (Рис. 4).

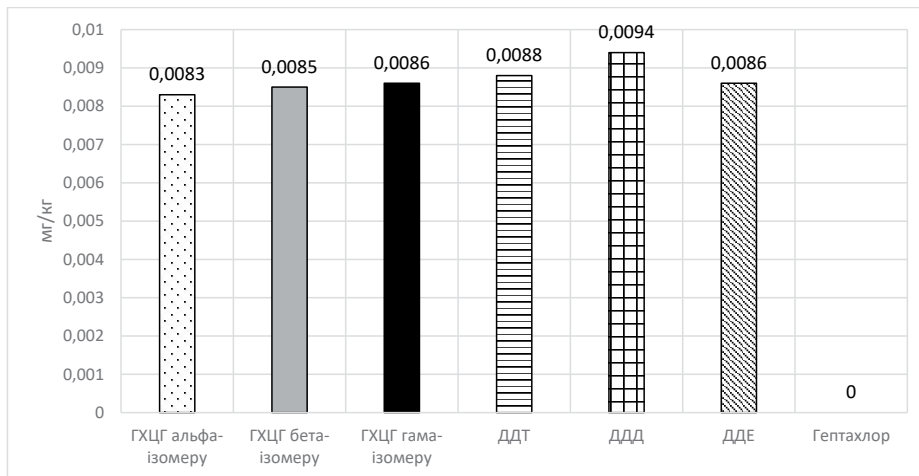


Рис. 4. Концентрація ХОП у зразках річкового рака, мг/кг сирій маси (р. Сейм, вересень 2024 р.)

Отже, аналіз даних лабораторних досліджень зразків гідробіонтів показав, що найбільша концентрація у всіх водних організмах відмічалася для ДДТ та його метаболітів – 0,0268 мг/кг. Більша концентрація ГХЦГ була виявлена в зразках краснопірки – 0,0262 мг/кг, окрім того в даних зразках виявлено гептахлор в концентрації 0,0085 мг/кг. Отримані дані щодо домінування ДДТ та його метаболітів узгоджуються з результатами, отриманими для риб із зони Полісся [2], а також із висновками досліджень Sonia Romero-Romero et al. (2017) [9], що свідчить про типовість цього явища як наслідку інтенсивного застосування пестициду в минулому. Однак підвищені концентрації, виявлені в р. Сейм, можуть вказувати на наявність додаткових джерел надходження. Однією з можливих причин є транскордонне перенесення забруднювачів, що призводить до їхнього сучасного надходження в екосистему річки.

Найбільш забрудненими токсичними сполуками (ДДТ та ГХЦГ) виявилися зразки краснопірки. Сумарна концентрація цих речовин становила 0,0615 мг/кг, проти 0,0522 мг/кг в інших видах гідробіонтів (щука, бичок, рак річковий). Це може свідчити про забруднення водного середовища цими речовинами впродовж тривалого часу (Рис. 5).

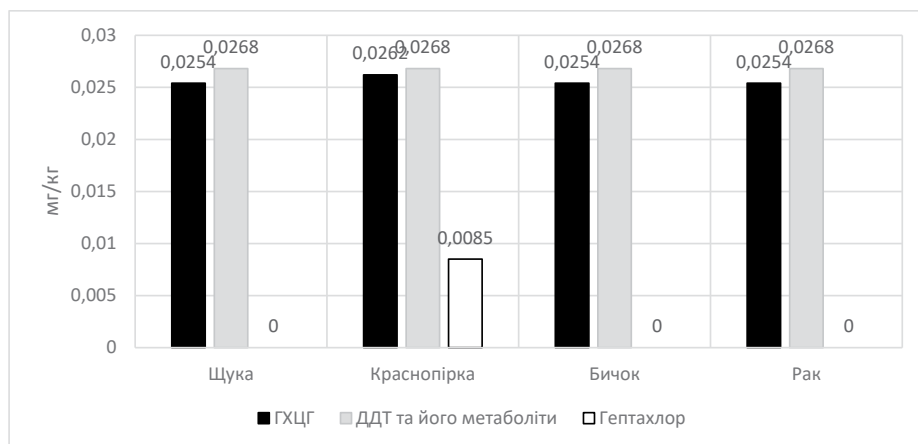


Рис. 5. Концентрація ХОС у зразках гідробіонтів

Висновки. Аналіз даних лабораторних досліджень зразків гідробіонтів показав, що найбільша концентрація у всіх водних організмах відмічалася для ДДТ та його метаболітів – 0,0268 мг/кг. Більша концентрація ГХЦГ була виявлена в зразках краснопірки – 0,0262 мг/кг, окрім того в даних зразках виявлено гептахлор в концентрації 0,0085 мг/кг. Таким чином, найбільш забрудненими токсичними сполуками (ДДТ та ГХЦГ) виявилися зразки краснопірки. Сумарна концентрація цих речовин становила 0,0615 мг/кг, проти 0,0522 мг/кг в інших видах гідробіонтів (щука, бичок, рак річковий). Це може свідчити про забруднення водного середовища цими речовинами впродовж тривалого часу.

Подяки: немає.

Фінансування: немає.

Конфлікт інтересів: немає.

MONITORING OF CHLORORANIC COMPOUNDS IN THE AQUATIC BIOLOGICAL RESOURCES OF THE SEIM RIVER AS THE BASIS FOR THE ECOLOGICAL SAFETY OF FISH PRODUCTS

¹*Ishchuk O.V. – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
orcid.org/0000-0002-8993-8366*

²*Bordiug N.S. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor
orcid.org/0000-0002-3489-4669*

¹*Zhytomyr Ivan Franko State University*

²*Kherson State Agrarian and Economic University
Ischuk_o@ukr.net, natali-21@ukr.net*

Ensuring food security and food quality is a priority task of our time. Fish and other aquatic biological resources can accumulate dangerous pollutants in their tissues, including persistent organochlorine compounds (POCs) such as pesticides (DDT, HCH, heptachlor) and polychlorinated biphenyls. These substances are highly toxic, capable of bioaccumulation in food chains, and exhibit carcinogenic and mutagenic properties, posing a serious threat to human health. The large-scale transboundary pollution of the Seim River in August 2024, which led to the mass death of biological resources, reinforced the need for an objective assessment of the safety of fish products.

The aim of the study was to monitor the content of organochlorine pesticides in the tissues of industrial species of hydrobionts of the Seim River (pike, rudd, gobies, crayfish) to assess the risks of their consumption. The study was conducted in September 2024. The content of organochlorine pesticides was determined by gas-liquid chromatography.

The results showed that all samples tested contained residual amounts of organic chlorine compounds. The most contaminated samples were those of redfin, with a total concentration of DDT and HCH of 0.0615 mg/kg. This species also contained the banned highly toxic heptachlor (0.0085 mg/kg). Significant concentrations of DDT and its metabolites (DDD, DDE) were found in all analyzed hydrobionts, indicating long-term and persistent contamination of the river with these compounds. The pattern found confirms the ability of POPs to bioaccumulate in the food chain.

The data obtained confirm the threat of contamination of fish products from the Seim River with hazardous organochlorine compounds. The results of the study provide a scientific basis for developing measures to minimize risks to public health, including recommendations for safe fish consumption and the development of a continuous monitoring program.

Key words: Seim River, aquatic biological resources, monitoring, organochlorine compounds, bioaccumulation, environmental safety.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аврошко Є.М., Торяник В.М. Динаміка хімічного споживання кисню у поверхневих водах річки Сейм в період її транскордонного забруднення у серпні-вересні 2024 року. *Актуальні проблеми дослідження довкілля* : матеріали XI Міжнародної наукової конференції (Суми, 22-23 травня 2025 р.). Суми: Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, 2025. С. 144-146.
2. Берсан Т. О., Ситник Ю. М. Вміст хлорорганічних пестицидів у деяких видах риб зони Полісся України: сучасний стан проблеми. *Біорізнноманіття та роль тварин в екосистемах*: матеріали VII Міжнародної наукової конференції. Дніпропетровськ: Адверта, 2013. С. 78-81.
3. Державна комісія ТЕБ та НС визначила комплекс заходів для локалізації та ліквідації наслідків забруднення річок Сейм та Десна. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://mepr.gov.ua/derzhavna-komisiya-teb-ta-nsvyznachyla-kompleks-zahodiv-dlya-lokalizatsiyi-ta-likvidatsiyi-naslidkiv-zabrudnennya-richoksejm-ta-desna/> (дата звернення: 24.10.2025)

4. Колесник Н. Л. Токсичний вплив пестицидів на біоту прісних водойм України (огляд). Рибогосподарська наука України. 2015. № 4. С. 31-53.
5. Методика збору і обробки іхтіологічних і гідробіологічних матеріалів з метою визначення лімітів промислового вилову риб з великих водосховищ і лиманів України / С. П. Озінковська, В. М. Єрко, Г. Д. Коханова, О. М. Тарасова, В. І. Полторацька. К., 1998. 47 с.
6. Мовчан Ю. В. Риби України: визначник-довідник Київ: Золоті ворота, 2011. 443 с.
7. Розум Є. Ю. Ознаки отруєння риб хлорорганічними пестицидами. *Аграрний вісник Причорномор'я. Ветеринарні науки*. Одеса, 2004. Вип. 25. С. 46-50.
8. Bordajandi L.R. Study on PCBs, PCDD/Fs, organochlorine pesticides, heavy metals and arsenic content in freshwater fish species from the River Turia (Spain) / Bordajandi L.R., Gómez G., Fernández M.A., Abad E., Rivera J., González M.J. // *Chemosphere*. Vol. 53. Issue 2. October 2003. P. 163-171 [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(03\)00417-X](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(03)00417-X)
9. Sonia Romero-Romero Biomagnification of persistent organic pollutants in a deep-sea, temperate food web / Sonia Romero-Romero, Laura Herrero, Mario Fernández, Belén Gómara, José Luis Acuña // *Science of The Total Environment*. Vol. 605–606. 15 December 2017. P. 589-597. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.148>
10. Siyu Yao Distribution and Health Risk Assessment of Organochlorine Pesticides in Agricultural Soils from the Pearl River Delta of China / Siyu Yao, Jiahui Huang, Haijun Zhou, Cuiting Cao, Tao Ai, Huanhuan Xing and Jianteng Sun Levels // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2022. № 19(20). <https://doi.org/10.3390/ijerph192013171>
11. Juan C. Colombo Detritivorous fish contamination in the Rio de la Plata estuary: A critical accumulation pathway in the cycle of anthropogenic compounds / Juan C. Colombo, Claudio Bilos, Mauricio Remes Lenicov, Dario Colautti, Patricia Landoni, and Charles Brochu // *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. June 2000. 57(6). P. 1139-1150.

REFERENCES

1. Avroshko Ye.M., Torianyk V.M. (2025) Dynamika khimichnoho spozhyvannia kysniu u poverkhnevnykh vodakh richky Seim v period yii transkordonnoho zabrudnennia u serpni-veresni 2024 roku [Dynamics of chemical oxygen demand in the surface waters of the Seim River during its transboundary pollution in August-September 2024]. *Aktualni problemy doslidzhennia dovkillia : materialy XI Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii (Sumy, 22-23 travnia 2025 r.)*, Sumy: Sums'kyi derzhavnyi pedahohichnyi universytet imeni A. S. Makarenka, pp. 144-146. [in Ukrainian].

2. Bersan T. O., Sytnyk Yu. M. (2013) Vmist khlororhanichnykh pestytsydiv u deiakyykh vyдах ryb zony Polissia Ukrainy: suchasnyi stan problemy [The content of organochlorine pesticides in some fish species of the Polissya region of Ukraine: the current state of the problem]. *Bioriznomanittia ta rol tvaryn v ekosystemakh: materialy VII Mizhnarodnoi naukovoї konferentsii*. Dnipropetrovsk: Adverta, pp/ 78-81. [in Ukrainian].
3. Derzhavna komisiia TEB ta NS vyznachyla kompleks zakhodiv dlia lokalizatsii ta likvidatsii naslidkiv zabrudnennia richok Seim ta Desna. Ministerstvo zakhystu dovkillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy [The State Commission for Technological and Environmental Safety and Emergencies has defined a set of measures to localize and eliminate the consequences of pollution of the Seim and Desna rivers. Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine]. URL: <https://mepr.gov.ua/derzhavna-komisiya-teb-ta-nsvyznachyla-kompleks-zahodiv-dlya-lokalizatsiyi-ta-likvidatsiyi-naslidkiv-zabrudnennya-richoksejm-ta-desna/> (data zvernennia 24.10.2025).
4. Kolesnyk N. L. (2015) Toksychnyi vplyv pestytsydiv na biotu prisnykh vodoim Ukrainy (ohliad) [The toxic impact of pesticides on the biota of freshwater bodies in Ukraine (review)]. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, no. 4, pp. 31-53. [in Ukrainian].
5. S.P.Ozinkovska, V.M.Yerko, H.D.Kokhanova, O.M.Tarasova, V.I.Poltoratska (1998). *Metodyka zboru i obrobky ikhtiologichnykh i hidrobiologichnym materialiv z metoiu vyznachennia limitiv promyslovoho vyluchennia ryb z velykykh vodoshkovyshch i lymaniv Ukrainy* [Methods of collecting and processing ichthyological and hydrobiological materials for the purpose of determining the limits of industrial extraction of fish from large reservoirs and estuaries of Ukraine]. Kyiv. [in Ukrainian].
6. Movchan Yu.V. (2011). *Ryby Ukrainy* [Fish of Ukraine]. Kyiv: Zoloti vorota. [in Ukrainian].
7. Rozum Ye. Yu. (2004) Oznaky otruiennia ryb khlororhanichnymy pestytsydamy [Signs of fish poisoning with organochlorine pesticides]. *Ahrarnyi visnyk Prychornomoria. Vetrynarni nauky*. Odesa, vol. 25, pp. 46-50. [in Ukrainian].
8. Bordajandi L., Gómez G., R., Fernández M.A et. al. (2003) Study on PCBs, PCDD/Fs, organochlorine pesticides, heavy metals and arsenic content in freshwater fish species from the River Turia (Spain). *Chemosphere*. Vol. 53. Issue 2. P. 163-171
9. Sonia Romero-Romero, Laura Herrero, Mario Fernández et. al. (2017) Biomagnification of persistent organic pollutants in a deep-sea, temperate food web. *Science of The Total Environment*. Vol. 605–606. P. 589-597. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.148>

10. Siyu Yao, Jiahui Huang, Haijun Zhou et. al. (2022) Distribution and Health Risk Assessment of Organochlorine Pesticides in Agricultural Soils from the Pearl River Delta of China. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. № 19(20). <https://doi.org/10.3390/ijerph192013171>
11. Juan C., Claudio Bilos, Mauricio Remes Colombo et. al. (2000) Detritivorous fish contamination in the Rio de la Plata estuary: A critical accumulation pathway in the cycle of anthropogenic compounds. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 57(6). P. 1139-1150.

Дата першого надходження рукопису до видання: 22.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.11.2025

Дата публікації: 31.12.2025