

**АСПЕКТИ МОНІТОРИНГУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ТА РАДІОНУКЛІДІВ
В ГІДРОБІОНТАХ ТА АБІОТИЧНИХ КОМПОНЕНТАХ ВОДНИХ
ЕКОСИСТЕМ ПРИДНІПРОВ'Я ЯК ЕЛЕМЕНТ БІОБЕЗПЕКИ**

**ASPECTS OF MONITORING OF HEAVY METALS AND RADIONUCLIDES
IN HYDROBIONTS AND ABIOTIC COMPONENTS OF AQUATIC ECOSYSTEMS
AS AN ELEMENT OF BIOSAFETY**

Роман Новіцький, завідувач кафедри водних біоресурсів та аквакультури, e-mail: novitskyi.r.o@dsau.dp.ua, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9373-5759>

Валентина Сапронова, доцент кафедри клінічної діагностики та внутрішніх хвороб тварин, e-mail: sapronova.v.o@dsau.dp.ua, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0063-5773>

<https://doi.org/10.32447/bcet.2025.22>

Анотація. Дослідження вмісту важких металів у воді, донних відкладах та гідробіонтах (рибі) проводили на водних об'єктах (гідротехнічний канал Дніпро-Донбас) та рибогосподарських водоймах, водосховищах комплексного призначення (Дніпровське водосховище, Шолохівське водосховище) в 2015–2023 рр. Визначення концентрації важких металів (Pb, Cd, Mn, Cu, Fe, Ni, Zn, Hg), а також радіонуклідів (^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K) проводили на базі лабораторії НДЦ біобезпеки і екологічного контролю ресурсів АПК Дніпровського державного аграрно-економічного університету (ДДАЕУ), а також на базі Української лабораторії якості і безпеки продукції АПК НУБіП України та Дніпропетровської регіональної державної лабораторії Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів. Вміст металів досліджували методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. Вміст важких металів та радіонуклідів вимірювали у 7 видах риб. Відбір проб, камеральну та статистичну обробку матеріалу проводили за стандартними гідрохімічними, гідробіологічними та іхтіологічними методиками. Вміст важких металів визначали у м'язах риб. Якість води оцінювали згідно із загальними вимогами та нормами для водойм рибогосподарського призначення.

Вода у гідротехнічному каналі Дніпро-Донбас характеризується підвищеними показниками вмісту важких металів. Із 6 досліджених важких металів не перевищена ГДК тільки для плюмбуму ($0,40 \text{ мг/дм}^3$). Встановлено, що гідротехнічні заходи впливають на рівень мінералізації у водоймі: у воді відбуваються процеси міграції солей, значно знижується рівень сульфатів і хлоридів. Проведення гідротехнічних заходів впливає на рівень сапробності у водоймах, призводить до значного збільшення рівню кисню у воді. У воді каналу до прокачування спостерігається підвищений вміст ^{90}Sr , хоча у організмі риб (карась сріблястий *Carassius gibelio*, товстолобик білий *Hypophthalmichthys molitrix*, амур білий *Stenopharyngodon idella*, короп *Cyprinus caprio*, лящ *Abramis brama*) вміст радіонуклідів (^{137}Cs , ^{90}Sr) залишається в межах допустимих норм. Після прокачування води вміст радіонуклідів зменшується в 9,7 раз. Рибна продукція у каналі «Дніпро-Донбас» за радіоекологічними показниками є безпечною.

Для риб Дніпровського водосховища вміст більшості важких металів був підвищеним. У м'ясі пелагічної плітки *R.utilus* тільки вміст купруму був у межах норми ($1,56 \text{ мг/кг}$), всі інші 6 важких металів перевищували нормативи ГДК. У м'ясі бентофага *C. gibelio* підвищені рівні накопичення ВМ відзначалися для Mn, Fe, Pb, Ni, а для Zn, Cu, Cd показники їх вмісту знаходилися у межах

нормативу. У м'ясі окуня річкового *P. fluviatilis* найбільший вміст ВМ відзначений для Fe (80,54 мг/кг), підвищені показники – для Mn, Zn, Pb, Ni.

Отримані результати свідчать, що гідроєкосистема Дніпровського водосховища, на відміну від інших водних об'єктів регіону, є значно забрудненою важкими металами. Це адекватно відобразилося на рівнях накопичення ВМ в організмі риб різних екологічних груп – пелагічних рослинноїдних, придонних бентофагів, хижаків.

Ключові слова: Придніпров'я, важкі метали, радіонукліди, рибогосподарські водойми, Дніпровське водосховище, канал Дніпро-Донбас, Шолохівське водосховище, вода, мул, риба, накопичення політантів.

Abstract. Research on the content of heavy metals in water, bottom sediments, and hydrobionts (fish) was conducted at various water bodies (Dnipro-Donbas hydraulic canal), fishery ponds and multipurpose reservoirs (Dnieper reservoir, Sholokhivske reservoir) from 2015 to 2023. The determination of heavy metal concentrations (Pb, Cd, Mn, Cu, Fe, Ni, Zn, Hg) and radionuclides (^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K) was carried out at the laboratory of the Research Center for Biosafety and Environmental Monitoring of Agricultural Resources of Dniprovskiy State Agricultural and Economic University (DSAEU), as well as on the basis of the Ukrainian Laboratory of Quality and Safety of Agricultural Products of the NUBiP of Ukraine and the Dnipropetrovsk Regional State Laboratory of the State Service of Ukraine for Food Safety and Consumer Protection.

The metal content was analyzed using atomic absorption spectrophotometry. The content of heavy metals and radionuclides was measured in 6 fish species. Sample collection, data processing, and statistical analysis were conducted according to standard hydrochemical, hydrobiological, and ichthyological methods. The heavy metal content was determined in the muscles of fish. Water quality was assessed according to general requirements and standards for fishery water bodies.

The water in the Dnipro-Donbas hydrotechnical canal is characterized by high levels of heavy metals. Of the 6 investigated heavy metals, the MPC was not exceeded only for lead (0.40 mg/dm^3). It was established that hydrotechnical arrangements affect the level of mineralization in the reservoir: there are processes of salts migration in the water, the level of sulfates and chlorides significantly decreases. The carrying out of hydrotechnical arrangements affects the level of saprobity in the reservoirs, which leads to a significant increase of the oxygen level in water.

In the channel water before pumping a high content of ^{90}Sr is observed, although in the organisms of fish (Prussian carp *Carassius gibelio*, silver carp *Hypophthalmichthys molitrix*, grass carp *Ctenopharyngodon idella*, carp *Cyprinus carpio*, common bream *Abramis brama*) the content of radionuclides (^{137}Cs , ^{90}Sr) remains within permissible levels. After pumping water, the content of radionuclides decreases by 9.7 times. Fish products in the «Dnipro-Donbas» channel are safe by radioecological indicators.

For fish from the Dniprovsk reservoir, the content of most heavy metals was elevated. In the meat of pelagic roach (*R. rutilus*), only copper content was within the norm (1.56 mg/kg), while all other 6 heavy metals exceeded the MPC. In the meat of benthophagous Prussian carp (*C. gibelio*), elevated levels of accumulation of heavy metals were observed for manganese, iron, lead, and nickel, while zinc, copper, and cadmium content were within the standards. In the meat of European perch (*P. fluviatilis*), the highest content of heavy metals was observed for iron (80.54 mg/kg), with elevated levels observed for manganese, zinc, lead, and nickel.

The obtained results indicate that the hydroecosystem of the Dniprovsk reservoir, unlike other water bodies in the region, is significantly polluted with heavy metals. This is adequately reflected in the levels of heavy metal accumulation in the organisms of fish from different ecological groups - pelagic herbivores, benthophagous bottom-feeders, and predators.

Keywords: Dnipropetrovsk region, heavy metals, radionuclides, fishery reservoirs, Dniпровske Reservoir, Dnipro-Donbas Canal, Sholokhivske Reservoir, water, sediment, fish, accumulation of pollutants.

1. ВСТУП

Загально відомо, що на сучасний стан довкілля велике навантаження спричиняє діяльність людини. Одним з аспектів цієї діяльності, а часто і наслідками її, є забруднення довкілля різними хімічними сполуками – важкими металами, пестицидами, фенолами, синтетичними поверхнево активними речовинами (СПАР) тощо. Хімічне забруднення довкілля представляє собою зміну природних хімічних властивостей води за рахунок збільшення вмісту шкідливих речовин або домішок як неорганічної (важкі метали, мінеральні солі, кислоти, луги та інші шкідливі речовини), так і органічної природи (нафта та нафтопродукти, органічні розчинники, синтетичні поверхнево активні речовини, пестициди, феноли)⁶⁷⁸. Часто використовується міжнародний термін для визначення токсикантів: «*потенційно небезпечні токсичні хімічні речовини (ПНТХР)*». Внаслідок появи токсичних речовин вода набуває негативних властивостей – стає отруйним для живого середовищем. Процес поширюється на донні відклади, прибережні ґрунти, зависі та гідробіонтів, що накопичують токсичні речовини в своїх органах та тканинах⁶⁷⁹.

Важкі метали (ВМ) – хімічні елементи, що мають властивості металів, з атомними номерами від 22 по 92. Вони займають особливе місце у низці токсичних сполук, бо практично не вилучаються з екосистеми, одного разу потрапивши в неї. Особливістю важких металів є те, що вони не підлягають радіоактивному розпаду, як радіонукліди; не розпадаються і не деградують з часом як хімічні забрудники органічної природи, а лише змінюють форму існування, перерозподіляються та поступово накопичуються в різних абіотичних і біотичних компонентах гідроекосистеми. Однак необхідно зауважити, що у мікрокількостях важкі метали є природною і навіть необхідною складовою частиною живої клітини, за винятком ртуті, плумбуму та кадмію⁶⁸⁰.

Відомо, що рівні накопичення мікроелементів (як і взагалі металів) у органах та тканинах риб залежать від геохімічного складу середовища, типу водойми, функціонального стану організму та характеру харчових взаємовідносин. Концентруючи метали, гідробіонти синтезують життєво необхідні речовини у вигляді метало- та металоїдоорганічних сполук, таких як ферменти, вітаміни, гормони та ін. Синтез біологічно-активних сполук можливий тільки в певних межах концентрацій та співвідношень мікроелементів у організмі та середовищі. При підвищенні концентрацій металів у середовищі та харчових об'єктах ріст та розвиток спочатку зростають, а потім сповільнюються, знижується синтез біологічно-активних сполук, здатність до розмноження та імунобіологічні реакції організму. Завдяки своїй великій біологічній активності метали (мікроелементи) суттєво впливають на якість водного середовища та біоти, оскільки порушення балансу хімічних елементів у тканинах може в певній мірі служити одним із чинників, що стимулюють чи сповільнюють ріст та розвиток водних мешканців, і зокрема риби.

Значне підвищення концентрації ВМ у довкіллі, і, як наслідок, в тканинах водяних тварин і рослин, може досить негативно впливати на стабільність екосистеми водойми, так як багато мікроелементів при певних концентраціях діють як токсичні речовини. При концентраціях, що

⁶⁷⁸ Reza R., Singh G. Heavy metal contamination and its indexing approach for river water. *International Journal of Environmental Science & Technology*. 2010. Vol. 7 (4). P. 785–792. DOI: 10.1007/BF03326187

⁶⁷⁹ Брагінський Л.П. Теоретичні передумови (Загальні концепції токсикологічної гідроекології) / Гідроекологічна токсикометрія та біоіндикація забруднень: теорія, методика, практика використання. За ред. І. Т. Олексіва, Л. П. Брагінського. Львів: Світ, 1995. С. 7–40.

⁶⁸⁰ Грициняк І. І., Колесник Н. Л. Біологічне значення та токсичність важких металів для біоти прісноводних водойм (огляд). *Рибогосподарська наука України*. 2014. № 2. С. 31–45. DOI:10.15407/fsu2014.02.03

перевищують нормальний вміст металів в органах та тканинах, зникає межа між їх «фізіологічною» та «нефізіологічною» дією. По мірі зростання концентрацій у водному середовищі та відповідно в живих організмах кожен елемент починає діяти як токсична речовина⁶⁸¹.

Великим та об'ємним джерелом постачання важких металів служать неочищені стоки промислових підприємств (гірничорудних та гірничо-збагачувальних, металургійних, хімічних та інших). В них знайдені і визначені досить значні кількості (десятки та сотні міліграмів на дм³) нікола, хрому, плумбуму, кадмію, цинку, купруму та інших металів. Ще більш високий їх вміст характерний для стічних вод і їх осадів. У водоймах важкі метали зазвичай сорбуються завислими часточками органічної та неорганічної природи і з ними та на них осідають на дно, де можуть накопичуватись протягом десятків років⁶⁸².

Максимальною здатністю концентрувати ВМ характеризуються завислі часточки та донні відклади водойм, а потім організми планктону, бентосу та риба. Накопичення важких металів звичайно зростає в ряду: риби - ракоподібні - одноклітинні - водорості - бактерії. Гідробіоти переводять розчинні форми металів у завислі, використовують для побудови панцирів та скелетів, накопичують для формування м'яких тканин, переводять у різні метал-органічні сполуки. При відмиранні організмів частина тканин розкладається (природна деструкція), виділяючи у воді органічні та мінеральні сполуки, в тому числі і важкі метали.

Риби є важливою ланкою в неперервному колообігу мікро- та макроелементів – металів водойми, які належать до групи незамінних для нормальної життєдіяльності живих організмів. Ці елементи (купрум, цинк, ферум, магній, манган, кобальт, хром та інші) відіграють важливу роль у фізіологічних та біохімічних процесах в організмах⁶⁸³⁶⁸⁴⁶⁸⁵.

2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

В 2015–2023 роках здійснювали дослідження вмісту важких металів та радіонуклідів у воді, донних відкладах та гідробіонтах (рибі) на водних об'єктах (гідротехнічний канал Дніпро – Донбас), рибогосподарських водоймах Придніпров'я, а також водосховищах комплексного призначення (Дніпровське водосховище, Шолохівське водосховище) (рис. 1). Також відбір зразків води здійснювали на Кам'янському водосховищі поблизу аванкамери каналу «Дніпро-Донбас»; на Головній водозабірній споруді (ГВС), до та після 12 насосних станцій по трасі каналу (всього 24 зразка), на Краснопавлівському водосховищі. Після прокачування води по всій трасі каналу у липні 2018 року здійснили повторний відбір зразків на вищезазначених станціях. Всього відібрано і досліджено 50 проб води.

На всіх досліджених водоймах відбирали іхтіологічний матеріал (плітка звичайна *Rutilus rutilus*, окунь річковий *Perca fluviatilis*, карась сріблястий *Carassius gibelio*, плоскирка *Blicca bjoerkna*, товстолобик білий *Hypophthalmichthys molitrix*, амур білий *Ctenopharyngodon idella*, короп *Cyprinus caprio*, лящ *Abramis brama*).

Гідробіонтів вилучали із ставних сіток з вічком 40–70 мм, а також під час контрольно-біологічних обловів з використанням дрібновіркової (малькової) волокуші довжиною 15 м, із вічком у крилах 7 мм, в кулі – 3 мм. Для відлову використовували також дозволені любительські знаряддя лову: сіткопідйомник-«малявочниця» розміром 1×1 м, поплавочну (болонську снасть), донну вудку (фідер), спінінг.

⁶⁸¹ Nriagu J. O. Global metal pollution. *Environment*. 1990. Vol. 32. P. 6–21.

⁶⁸² Rabajczyk A. The relationship between metal forms found in river bottom sediments and land development (review). *Water pollution* / ed. Balkis N. Rijeka : InTech, 2012. P. 189–202.

⁶⁸³ Linnik P. N. Heavy metals in surface waters of Ukraine: Their content and forms of migration. *Hydrobiological Journal*. 2000. Vol. 36, № 3. P. 31–54.

⁶⁸⁴ Global mercury assessment. Issued by UNEP Chemicals. Switzerland: Geneva, 2002. 270 p.

⁶⁸⁵ Sfakianakis D. G. Effect of heavy metals on fish larvae deformities: A review. *Environmental Research*. 2015. Vol. 137. P. 246–255. DOI: 10.1016/j.envres.2014.12.014

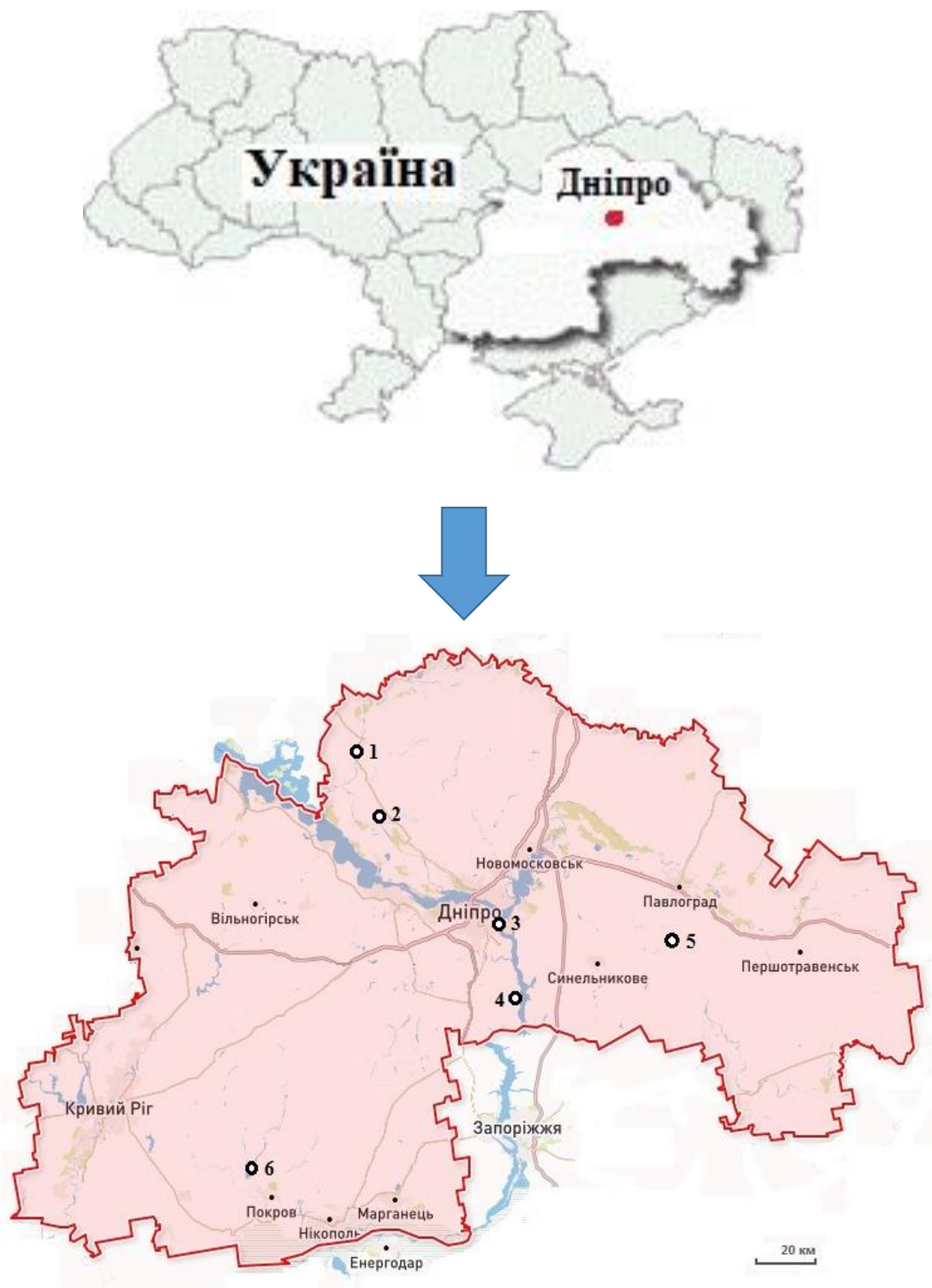


Рисунок 1. Місця відбору проб на водоймах Дніпропетровської області для визначення концентрацій важких металів: 1 – гідротехнічний канал Дніпро-Донбас; 2 – ставок ПрАТ «Петриківський рибгосп»; 3 – верхня ділянка Дніпровського водосховища (район о. Монастирський); 4 – середня ділянка Дніпровського водосховища (балка Башмачка); 5 – ставок ПрАТ «АгроСоюз»; 6 – Шолохівське водосховище (гирло р. Базавлучок).

Відбір проб проводили за стандартними методиками⁶⁸⁶⁶⁸⁷⁶⁸⁸, камеральну та статистичну обробку матеріалу виконували відповідно до загальноприйнятих гідрохімічних, гідробіологічних та іхтіологічних методик^{689 690691}.

Для радіоекологічного аналізу відібрано по 5 екз. риб кожного виду (у середньому не менше 2,0 кг ваги). Визначали рівні вмісту радіонуклідів природного (²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K) і штучного (¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr) походження у тканинах риб. Підготовку проб риби до спектрометричного аналізу проводили згідно загальноприйнятих методик⁶⁹². Визначення радіоактивності риби проводили за допомогою сцинтиляційного спектрометра «Сег-001 «АКП-С», для обробки спектрів користувалися пакетом програмного забезпечення АК-1. Діапазон вимірювання спектрометра – 50–3000 кеВ (що дозволяє забезпечити радіоекологічний контроль в об'єктах навколишнього середовища згідно з нормативами ДР-2006).

Визначення концентрації важких металів (Pb, Cd, Mn, Cu, Fe, Ni, Zn) у воді, донних відкладах, м'язах риб проводили на базі лабораторії Науково-дослідного центру біобезпеки і екологічного контролю ресурсів АПК Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Вміст металів досліджували методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. Для цього попередньо проводили відповідну пробопідготовку: зразки води, донних відкладень і м'яких тканин (м'язів) риби, відібраних з декількох її частин, висушували до сухого залишку при температурі +95 ± 5 °С. Після цього проводили суху мінералізацію наважок у муфельній печі при температурі 450 ± 5°С впродовж 10–12 год з подальшим розчиненням зольного залишку в розчині азотної кислоти. Ступінь поглинання світла проводили при характерних спектрах поглинання для кожного металу: *Mg* – 285,2 нм; *Fe* – 248,3 нм; *Zn* – 213,9 нм; *Cu* – 324,7 нм; *Pb* – 283,3 нм; *Mn* – 279,5 нм і *Cd* – 228,8 нм. Розрахунок вели за калібрувальним графіком, побудованим із використанням стандартних державних зразків складу розчинів.

Отриманий матеріал аналізували і піддавали статистичній обробці⁶⁹³. Якість води оцінювали згідно із загальними вимогами та нормами для водойм рибогосподарського призначення^{694 695}.

⁶⁸⁶ Методика збору і обробки іхтіологічних і гідробіологічних матеріалів із метою визначення лімітів промислового вилучення риб із великих водосховищ і лиманів України. Київ : ІПГ УААН, 1998. 47 с.

⁶⁸⁷ Методика проведення визначення важких металів у рибі / За ред. С. М. Рижука, М. В. Лісового, Д. М. Бенцаровського. Київ: 2003. 64 с.

⁶⁸⁸ Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / ред. В. Д. Романенко. Київ, 2006. 628 с.

⁶⁸⁹ Bonar S. A., Hubert W. A., Willis D. W. Standard methods for sampling North American freshwater fishes. Bethesda, Maryland : American Fisheries Society. 2009. P. 335. <https://doi.org/10.47886/9781934874103>

⁶⁹⁰ ДСТУ ISO 5667-4-2001. Якість води. Відбирання проб. Ч. 4. Настанови щодо відбирання проб із озер, штучних і природних водойм. К. : Держспоживстандарт України, 2004. 10 с.

⁶⁹¹ Інструкція з відбирання, підготовки проб води і ґрунту для хімічного та гідробіологічного аналізу гідрометеорологічними станціями і постами // Затверджена Наказом Державної служби України з надзвичайних ситуацій України 19.01.2016 № 30, зі змінами, внесеними згідно з Наказом ДСНС України № 126 від 16.03.2016.

⁶⁹² ДСТУ ISO 10703-2001. Захист від радіації. Визначення об'ємної активності радіонуклідів методом гамма-спектрометрії з високою роздільною здатністю К. : Держспоживстандарт України, 2003. 15 с.

⁶⁹³ Zar J. H. Biostatistical Analysis. 5th edn. NJ : Pearson Prentice-Hall, Upper Saddle River, 2010. 960 p.

⁶⁹⁴ ДСТУ 2284 : 2010. Риба жива. Загальні технічні вимоги. Київ : Держспоживстандарт України, 2012. 12 с. (Національний стандарт України).

⁶⁹⁵ СОУ 05.01-37-385 : 2006. Вода рибогосподарських підприємств. Загальні вимоги та норми // Зміна № 1, затверджена Мінагрополітики України 10.06.2013 р.). Київ, 2013. 21 с.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Радіонукліди і важкі метали в екосистемі каналу Дніпро-Донбас. Гідротехнічний канал Дніпро-Донбас розпочав свою діяльність на початку 1980-х років в заплаві р. Оріль. Водогосподарський комплекс каналу, який підпорядкований Держводагентству України, здійснює перекидання частини водних ресурсів р. Дніпро для забезпечення маловодних районів Дніпропетровщини та Харківщини, а також промислових підприємств Донбасу дніпровською водою. Канал виконує також важливу функцію здійснення санітарно-компенсаційних попусків в р. Сіверський Донець і підтримання у нормі еколого-гідрологічного режиму (рис. 2).



А



В



С



Д

Рисунок 2. Гідротехнічний канал Дніпро-Донбас: А) ділянка після ГВС; В) Краснопавлівське водосховище на трасі каналу; С) відбір іхтіологічних проб (притонення); Д) іхтіологічна проба.

Фото Р. Новіцького

З моменту побудови каналу і пуску його першої черги (1982 р.) відбулися негативні зміни у цій штучній гідроекосистемі: погіршення гідрологічного режиму, якості і санітарних характеристик води, замулення, заростання водною рослинністю тощо. В окремі роки влітку і взимку

спостерігалися явища задухи, періодично виникає «цвітіння» води⁶⁹⁶. Багаторічні дослідження каналів України свідчать про те, що процеси продукування надлишкової біомаси створюють серйозні біологічні перешкоди експлуатації каналів⁶⁹⁷.

Гідрохімічний режим каналу Дніпро-Донбас визначається гідрохімічними показниками водних ресурсів Кам'янського водосховища у районі ГВС (головної водозабірної споруди), формуванням якості води по трасі каналу та режимом його прокачування.

Формування якості води у каналі обумовлено надходженням забруднюючих речовин ззовні, внутрішньоводоймищними процесами і біологічним забрудненням у результаті масового розвитку гідробіонтів. Відомо, що такі процеси самозабруднення і трансформації автохтонних і алохтонних забруднюючих речовин залежать від характеру екосистем та мають чітко виражену специфіку, яка обумовлена типом водного об'єкту⁶⁹⁸.

Був оцінений вміст у воді каналу Дніпро-Донбас заліза, свинцю, кадмію, міді, цинку, стронцію, арсену та ртуті. Концентрації арсену, ртуті та свинцю незначні, відповідають за екологічною оцінкою першій категорії (табл. 1).

Вміст заліза не відрізняється до та після прокачування, цей мікроелемент розподілено рівномірно по трасі каналу і за його вмістом вода належить до другої категорії.

До найгіршої, сьомої, категорії можна віднести воду за вмістом кадмію, цинку та стронцію. Загалом за блоком специфічних елементів вода належить до п'ятої категорії, що характеризує якість води як «посередню, помірно забруднену» (див. табл. 1).

Зважаючи на значний вміст стронцію у воді каналу «Дніпро-Донбас» як до прокачування, так і після нього, були перевірені рівні накопичення радіонуклідів у рибній продукції каналу. Отримані результати свідчать, що вміст радіонуклідів у дослідних зразках риби не перевищує допустимих рівнів (табл. 2).

Зазначимо, що нормативи по основним дозоутворюючим радіонуклідам складають для ¹³⁷Cs – 150 Бк/кг, ⁹⁰Sr – 35 Бк/кг.

Насамперед відбувається розбавлення високомінералізованої води каналу, внаслідок чого загальна мінералізація зменшується удвічі, а вміст хлоридів – у три рази.

Завдяки розбавленню зменшується динаміка процесів евтрофікації, відбувається аерація водних мас при перемішуванні, що, безперечно, позитивно впливає на стан гідроекосистеми каналу Дніпро-Донбас.

У підсумку якість води за середніми значеннями показників до прокачування та після нього (див. табл. 1) належить до другого класу якості і може оцінюватися як «добра» та «чиста». Але зазначимо, що порівняльна екологічна оцінка якості води дозволяє відстежити тенденції змін: відповідно до характеристик субкатегорій вода до прокачування має тенденцію переходу до гіршого класу: з «доброї» у «задовільну» та «слабко забруднену».

⁶⁹⁶ Гидробиология каналов Украинской ССР / О. П. Оксик, Г. Н. Олейник, Л. В. Шевцова и др. Киев: Наукова думка, 1990. 240 с.

⁶⁹⁷ Васенко А. Г., Старко Н. В., Верниченко-Цветков Д. Ю., Пристинская А. С. Современное экологическое состояние канала Днепр-Донбасс в условиях его нерегулярной эксплуатации // Екологія промислового регіону: доповіді Міжнародного екологічного форуму «Довкілля для України». Донецьк: 2011. С. 183–185.

⁶⁹⁸ Васильєва О. М., Новіцький Р. О., Губанова Н. Л., Горчанок А. В., Сапронова В. О. Динаміка якісних показників стану риби в каналі «Дніпро-Донбас» унаслідок сезонного прокачування. *Agrology*. 2019. 2 (2). С. 106–111. DOI: 10.32819/019015.

Таблиця 1

Екологічна оцінка якості води каналу Дніпро–Донбас за специфічними показниками токсичної та радіаційної дії (літо 2018 р.) (за Васильєвою та ін., 2019)

Показники	Показники якості води															
	Fe, мкг/ дм ³		Hg, мкг/ дм ³		Cd, мкг/ дм ³		Cu, мкг/ дм ³		Zn, мкг/ дм ³		Pb, мкг/ дм ³		As, мкг/ дм ³		⁹⁰ Sr, Ки/дм ³	
	величина	категорія	величина	категорія	величина	категорія	величина	категорія	величина	категорія	величина	категорія	величина	категорія	величина	категорія
Середнє значення до прокачування	57	2	<0,02	1	1,0	5	107	7	194	6	0,4	1	<0,02	1	30,5	5
Мах 1 (максимальне значення до прокачування)	142	4	<0,02	1	1,2	5	150	7	470	7	0,6	1	<0,02	1	165,2	7
Середнє значення після прокачування	45	2	<0,02	1	–	–	–	–	–	–	–	–	<0,02	1	8,1	5
Мах 2 (максимальне значення після прокачування)	158	4	<0,02	1	–	–	–	–	–	–	–	–	<0,02	1	17,0	5

Показники	Екологічна оцінка якості води за специфічними показниками токсичної та радіаційної дії (Із)					
	підсумкові розрахунки			Із		клас якості
	п ₁	Σ	Х _{ср}	категорія	субкатегорія	
Середнє значення до прокачування	8	28	3,5	4	3–4	II
Мах 1 (максимальне значення до прокачування)	8	33	4,1	4	4	III
Середнє значення після прокачування	4	9	2,3	2	2(3)	II
Мах 2 (максимальне значення після прокачування)	4	11	2,8	3	3(2)	II

Таблиця 2

Показники вмісту радіонуклідів у дослідних зразках риби з різних ділянок каналу Дніпро-Донбас (за Васильєвою та ін., 2019)

№ з/п	Вид риби	Місце відбору: ділянки каналу Дніпро-Донбас	Рівні накопичення радіонуклідів, Бк/кг				
			²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
1.	Товстолобик білий <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	ділянка № 16 (Могильовська, осінь 2018 р.)	23,2	16,1	74,3	3,0	1,7
2.	Лящ <i>Abramis brama</i>		25,8	10,8	115,0	3,1	1,6
3.	Карась сріблястий <i>Carassius auratus gibelio</i>	ділянка насосної станції № 7 (вище сел. Перещепине, осінь 2016 р.)	22,8	48,4	70,5	3,1	1,2
4.	Товстолобик білий <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>		67,8	75,4	71,9	1,9	<0,07
5.	Амур білий <i>Ctenopharyngodon idella</i>		57,5	66,1	80,0	1,6	0,12
6.	Короп <i>Cyprinus caprio</i>	ділянка вище НС № 10 (Орільківське водосховище, осінь 2018 р.)	46,4	14,6	100,0	2,5	1,0

Аналізуючи показники рівнів вмісту радіонуклідів у воді каналу і в організмі риб, необхідно зазначити, що вони залежать від концентрації у воді, кормових організмів, віку риб та періоду їх виведення з водної екосистеми.

Зазначимо, що після прокачування води на трасі каналу вміст радіонуклідів зменшується в 9,7 раз (з 165,2 до 17,0 Ку/дм³). Найменші показники накопичення ¹³⁷Cs, і ⁹⁰Sr відзначаються для макрофітофага амура білого *Stenopharyngodon idella* і мікрофітофага товстолобика білого *Hypophthalmichthys molitrix*, які з 2010 р. активно застосовуються як біомеліоранти на різних ділянках каналу⁶⁹⁹⁷⁰⁰. Отже, рибна продукція у каналі Дніпро-Донбас за радіоекологічними показниками є цілком безпечною.

Однак, особливу увагу потрібно звернути на максимальні значення показників, які у всіх трьох блоках переводять воду до гіршої категорії, а до прокачування – навіть до третього класу якості. Найгірші значення найчастіше трапляються у другій половині траси каналу (після сел. Перещепине).

Моніторинг радіонуклідів в екосистемі Дніпровського водосховища. Завдяки існуванню на теренах Придніпров'я дніпропетровської гідробіологічної наукової школи⁷⁰¹ систематичне вивчення рівнів радіоактивності води у водосховищах Дніпровського каскаду, в їх притоках, ставках та інших водоймах почалися у 1961 р⁷⁰². Саме у цей час було закладено основи нового наукового напрямку в Україні – прісноводної радіоекології, що вивчає закономірності міграції і біологічної дії радіонуклідів у водному середовищі. В Дніпропетровській області вже понад шістьдесят років триває моніторинг природних та штучних радіонуклідів, у тому числі у водоймах регіону. Наприклад, щорічні моніторингові дослідження відбуваються на Дніпровському (Запорізькому) водосховищі.

За результатами досліджень 2018–2019 рр. встановлено, що у воді Дніпровського (Запорізького) водосховища триває процес міграції природних та штучних радіонуклідів, що впливає на стан водних біоресурсів. Максимальні рівні спостерігаються за β-активністю та накопиченням Cs-137, максимальна кількість Sr-90 накопичується у ляща звичайного *A. brama* (табл. 3).

Таблиця 3

Рівні накопичення радіонуклідів в рибах Дніпровського водосховища⁷⁰³
(Bq kg⁻¹, M ± m)

Види риб	Загальна β-активність	Радіонукліди	
		¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
Плітка звичайна (<i>Rutilus rutilus</i>)	79.05 ± 2.66	0.39 ± 0.05	0.24 ± 0.02
Лящ звичайний (<i>Abramis brama</i>)	138.84 ± 4.20	15.10 ± 6.50	1.70 ± 0.27
Плоскирка (<i>Blicca bjoerkna</i>)	92.62 ± 3.60	2.54 ± 0.63	8.30 ± 1.20
Білий товстолобик (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>)	101.22 ± 2.72	0.20 ± 0.01	37.50 ± 4.11
Короп (<i>Cyprinus carpio</i>)	58.08 ± 2.03	0.48 ± 0.12	0.60 ± 0.27
Судак звичайний (<i>Sander lucioperca</i>)	110.20 ± 6.10	5.22 ± 1.40	2.80 ± 0.23
Карась сріблястий (<i>Carassius gibelio</i>)	66.60 ± 1.20	0.12 ± 0.02	0.24 ± 0.01

⁶⁹⁹ Новіцький Р. О., Кочет В. М., Христов О. О., Кузора В. Є. (2015). Сучасна характеристика іхтіофауни каналу «Дніпро-Донбас». Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Сер. Біологія. Вып. 25. С. 191–195. [http://seriesbiology.univer.kharkov.ua/ukr/25\(2015\)/pdf/191.pdf](http://seriesbiology.univer.kharkov.ua/ukr/25(2015)/pdf/191.pdf)

⁷⁰⁰ Новіцький Р. О., Христов О. О., Кузора В. Є., Шевченко П. Г., Кобяков Д. О. (2023). Рибне населення і його значення в екосистемі каналу Дніпро-Донбас: Монографія. Дніпро: Ліра, 220 с.

⁷⁰¹ Байдак Л. А., Дворецький А. І. (2019). Техногенно трансформовані прісноводні екосистеми Придніпров'я: Монографія. Д.: Ліра. 228 с.

⁷⁰² Дворецький А. І., Байдак Л. А. (2015). Роль Дніпропетровської гідробіологічної школи у дослідженні водойм Придніпров'я. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. 3–4. С. 178–181

⁷⁰³ Hubanova N., Horchanok A., Novitskii R., Sapronova V., Kuzmenko O., Grynevych N., Prisjajhnjuk N., Lieschova M., Slobodeniuk O., Demyanyuk O. (2019). Accumulation of radionuclides in Dnipro reservoir fish. *Ukrainian Journal of Ecology*. 9(2). 227–231.

Моніторинг важких металів у водних об'єктах та рибогосподарських водоймах Придніпров'я. Також здійснювали визначення вмісту важких металів у воді, донних відкладах та м'язах риб водних об'єктів різного призначення Дніпропетровської області за ряд років (табл. 4).

Відзначаємо, що у донних відкладах рибогосподарських ставів вміст важких металів був значно вищим, ніж у пробах поверхневої води чи організмі риб: мангану – в межах 41,24–68,43 мг/кг, кадмію – 0,32 мг/кг, плумбуму – 1,50–4,90 мг/кг (для ставу ПрАТ «АгроСоюз»). Високими показниками вмісту важких металів відзначені донні відклади нагульного ставу ПрАТ «Петриківський рибгосп»: мангану – 29,73 мг/кг, кадмію – 0,54 мг/кг, плумбуму – 5,72 мг/кг. Для води цих ставів, яка використовується для рибогосподарських цілей, фіксувалося перевищення вмісту деяких важких металів – перш за все, Mn, Zn, Cd, а для ставу ПрАТ «АгроСоюз» – ще й Cu.

Акумуляція важких металів у донних відкладах, зазвичай, зумовлена низькою розчинністю у воді, тенденцією металів адсорбуватися на твердих фазах та вступати у реакції комплексоутворення. Мулові частинки донних відкладів, гумінові речовини, гідроксиди полівалентних металів (таких як Mn), внаслідок наявності поверхневого електричного заряду, можуть притягувати іони та дипольні молекули. Доведено, що такі реакції насамперед залежать від окиснювального потенціалу, pH середовища, вмісту органічних речовин та інших чинників. Відомо, що основна частина поліутантів в екосистемах мігрує з води до донних відкладів.

Саме тому в ґрунтах спостерігаються високі рівні забруднювальних речовин, в той час, коли їх концентрація у водному середовищі може бути не підвищеною⁷⁰⁴. Вміст важких металів у м'язах *C. carpio* та *H. molitrix* в нагульному ставку ПрАТ «Петриківський рибгосп» впродовж трьох років досліджень (2011, 2015, 2016 рр.) відповідав рибогосподарським нормативам.

Таблиця 4

Вміст важких металів у воді, мулі і організмі риб (в м'язах) в різних водоймах Придніпров'я, мг/кг сирової ваги (при природній вологості)⁷⁰⁵

	Heavy metals							
	Mn	Zn	Cu	Fe	Cd	Pb	Ni	Hg
Норма, мг/кг	2.0	40.0	10.0	30.0	0.2	1.0	0.5	–
Ставок № 1 ПрАТ «АгроСоюз» (весна, літо 2015)								
Мул, 12.04.2015 р.	41.24	15.61	4.20	4.12	0.32	4.90	–	–
Мул, 10.12.2015 р.	68.43	7.42	1.52	6.52	<0.001	1.50	–	–
Вода, 10.12.2015 р., мг/дм ³	0.050	0.035	0.034	0.091	0.005	0.058	–	–
Ставок ПрАТ «Петриківський рибгосп» (літо 2011*, літо 2015, 2016)								
Цьоголітки коропа <i>Cyprinus carpio</i> + білого товстоло-бика <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> , літо 2011 р.*.	–	8.0	0.7	10.0	0.008	0.3	0.3	–
Мул, літо 2015 р.	29.73	14.40	4.07	1.26	0.54	5.72	–	–
Короп <i>Cyprinus carpio</i> , літо 2015 р.	0.37	3.20	0.260	3.87	0.02	0.70	–	–
Вода, літо 2016 р., мг/дм ³	0.055	0.031	0.010	0.096	0.032	<0.0001	–	–

⁷⁰⁴ Linnik P. N., Zhezherya V. A. (2011). Peculiarities of metals migration in the «bottom sediments – water» system with decreasing pH and increasing the concentration of fulvic acids. *Hydrobiological Journal*. Vol. 47 (5). P. 86–101.

⁷⁰⁵ Новіцький Р. О., Сапронова В. О., Коломійцева О. М., Булейко А. А. (2024). Вміст важких металів у воді, донних відкладах та рибі водних об'єктів різного призначення Дніпропетровської області. *Рибогосподарська наука України*. 2(68). С. 22–38. DOI:10.61976/fsu2024.02.022

Продовження таблиці 4

Дніпровське водосховище, літо (2015, 2019**, 2023***)								
Плітка (<i>Rutilus rutilus</i>), балка Башмачка, середня ділянка, 1.08.2015	4.33	54.9	1.56	69.22	0.28	1.94	2.97	–
Карась сріблястий (<i>Carassius gibelio</i>), верхня ділянка, 22.07.2015	3.93	23.4	3.05	60.25	0.15	1.29	4.23	–
Окунь річковий (<i>Perca fluviatilis</i>), верхня ділянка, 22.07.2015	4.93	40.4	3.05	80.54	0.12	1.52	3.62	–
Вода (верхня ділянка), літо 2016, мг/дм ³	<0.01	<0.005	<0.01	0.11	–	–	<0.05	–
Вода (нижня ділянка), літо 2019**, мг/дм ³	0.041	0.064	0.011	0.190	0.0014	0.016	0.014	–
Вода (нижня ділянка), літо 2023***, мг/дм ³	0.017	0.01	0.021	0.058	0.001	0.014	0.0071	–
Гідротехнічний канал Дніпро-Донбас, літо 2018								
Вода, мг/дм ³	–	194.0	107.0	57.0	1.20	0.40	–	<0.02
Шолохівське водосховище (р. Базавлук), 30.10.2023								
Карась сріблястий (<i>Carassius gibelio</i>)	–	46.5	1.92	–	–	0.027	–	–

Примітка. * – за даними Т. С. Шарамок і О. В. Федоненко⁷⁰⁶; ** – за даними Т. С. Шарамок та співавторів⁷⁰⁷; *** – за даними Н. Б. Єсіпової⁷⁰⁸. Напівжирним шрифтом позначаються показники перевищення нормативних значень.

У Шолохівському водосховищі (комплексного призначення – рис. 3) досліджені особини карася сріблястого *C. gibelio* віком 4+ (п'ятилітки). У м'язах карася сріблястого вміст цинку становив 46,50 мг/кг, що незначно перевищує ГДК. Перевищення показників вмісту Cu та Pb не відмічено.



Рисунок 3. Шолохівське водосховище (на р. Базавлук). Фото Р. Новіцького

⁷⁰⁶ Шарамок Т. С., Федоненко О. В. (2012). Розподіл важких металів в екосистемі петриківських ставів. *Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону*. № 1 (12). С. 173–178.

⁷⁰⁷ Шарамок Т. С. та ін. Гідроекологічна оцінка Запорізького водосховища. *Питання біоіндикації та екології*. 2019. Вип. 24, № 2. С. 137–149.

⁷⁰⁸ Єсіпова Н. Б. та ін. (2023). Гідроекологічна характеристика сучасного стану Запорізького (Дніпровського) водосховища та його приток. *Рибогосподарська наука України*. 4 (66). С. 35–48.

Для риб Дніпровського водосховища вміст більшості важких металів був підвищеним. У м'ясі пелагічного, рослиноїдного виду – плітки *R. rutilus* тільки вміст купруму був у межах норми (1,56 мг/кг), всі інші 6 важких металів перевищували нормативи ГДК щодо вмісту ВМ. У м'ясі бентофага – карася сріблястого *C. gibelio* підвищені рівні накопичення ВМ відзначалися для Mn, Fe, Pb, Ni, а для Zn, Cu, Cd показники їх вмісту знаходилися у межах нормативу. У м'ясі окуня річкового *P. fluviatilis* Дніпровського водосховища найбільший вміст ВМ відзначений для Fe (80,54 мг/кг), підвищені показники – для Mn, Zn, Pb, Ni.

Отримані результати дають змогу стверджувати, що гідроекосистема Дніпровського водосховища на сучасному етапі, на відміну від інших водних об'єктів регіону, є значно забрудненою важкими металами. Це адекватно відобразилося на рівнях накопичення ВМ в організмі риб різних екологічних груп – пелагічних рослиноїдних, придонних бентофагів, хижаків. Велика кількість заліза (Fe) у організмі досліджених видів риб свідчить про хронічне забруднення водного середовища токсичними речовинами різного походження (як органічними, так і неорганічними) та постійну потребу синтезу гемоглобіну. Полютанти, і важкі метали зокрема, перетворюють гемоглобін у метгемоглобін, який не бере участі у транспорті кисню, що відображається на погіршенні фізіологічного стану гідробіонтів.

Вплив антропогенних чинників на структуру іхтіофауни в малих річках. Різні антропогенні чинники найбільше впливають на функціональну і промислову структуру іхтіофауни в малих річках. Це обумовлено незначними розмірами водної екосистеми, в якій відбувається уповільнений процес розчинення забруднених стічних вод від різних промислових підприємств і змивів отрутохімікатів та хімічних добрив з агроценозів. Крім того, відбувається безконтрольний і несанкціонований забір води з малих річок для поливу, розорювання берегової зони, спорудження гаток, різних гребель та безконтрольний вилов риби аматорами та бракон'єрами. Залежно від ступеня трансформації екосистем різко змінюється функціональна і промислова структура іхтіофауни.

У малих річках майже не збереглися вихідні природні умови, а в більшості їх не спостерігаються навіть слабко трансформовані ділянки. Фактично малі річки сьогодні мають лише середньотрансформовані (до 60–70% території), дуже трансформовані (25–35%) та деструктивні (2–5%) ділянки.

За ступенем трансформації можна виділити такі екосистеми: *середньотрансформовані*, де спостерігається частково порушений режим функціонування, але ще збереглися деякі ознаки вихідної системи; *дуже трансформовані*, де річкова система зарегульована, втратила властивості вихідних місцеперебувань біоти з порушенням біоценотичних і популяційних зв'язків, та *деструктивні*, де водні та навколоводні наземні екосистеми порушені прямим впливом цілого ряду чинників, особливо техногенних (забруднення, зміна русел при утворенні кар'єрів тощо) і повернення до вихідного стану у яких неможливе без застосування спеціальних робіт⁷⁰⁹.

В умовах, що створилися на водних екосистемах Придніпров'я, відносно нормальні структурно-функціональні показники зберігаються лише в середньотрансформованих екосистемах. Тут формуються функціональні групи риб, які найбільше відповідають нормі малих річок. Основу тут складають зоофаги (69,4%) при помітній ролі хижаків (15,4%) і фітофагів (11,7%). При значному посиленні трансформування екосистем (дуже трансформовані) значення зоофагів зростає на 1,2%, деструктивних – в 1,3 раза. В той же час значення хижаків зменшується в першому випадку в 3,3 раза, в другому – вони зовсім зникають. Значення фітофагів і поліфагів знижується більш повільно.

⁷⁰⁹ Новіцький Р. О. (2021). Інвазії чужорідних видів риб у дніпровські водосховища: монографія. Дніпро: ЛІРА, 280 с.

Зростання кількості зоофагів пояснюється утворенням значної біомаси зообентосу – особливо олігохет, розвиток яких у забруднених ділянках зберігається.

Різде зниження і випадання риб-хижаків можна обґрунтувати тим, що вони більш оксифільні і тим, що у бентофагів і фітофагів накопичується значна кількість важких металів. Реофільні угруповання в середньотрансформованих системах зберігаються на дуже низькому рівні (вони всі відносяться до дуже оксифільних екологічних комплексів риб) – всього 6,7%, в той час як в малих річках з мало трансформованою екосистемою – в межах 30–40%. В дуже трансформованих і деструктивних екосистемах вони повністю випадають. У таких екосистемах залишаються лише лімнофільні угруповання, більш пристосовані до незначної кількості кисню в воді.

Зміни в структурній організації функціональних угруповань дуже позначаються на формуванні промислової іхтіофауни. Якщо в середньо трансформованих екосистемах цінні промислові та середньоцінні промислові види складають 88,3%, то в дуже трансформованих – лише 32,5%, тобто промислове значення таких ділянок знижується в 2,7 рази, а в деструктивних – в 4,42 рази (0,2%). В цей же час основні зміни відбуваються за рахунок так званих малоцінних промислових або непромислових («смітних») видів, частка яких у дуже трансформованих системах складає 67,1%, а деструктивних – 99,8%.

Отже, антропогенна трансформація малих річок призводить до порушення структури і цілісності іхтіоценозів. Угруповання риб збіднюються, трофофункціональна структура порушується, схилиючись у бік до монодомінантності зоофагів та абсолютної монодомінантності лімнофілів. Зростає питома вага, а в подальшому і повністю домінують малоцінні та «смітні» види, і в таких ділянках річка втрачає своє промислове та риболовне любительське значення. Очевидно, після різкого деструктивного «стрибка» техногенезу в 1950–1960 роки, що спричинив спрощену фауністичну і функціональну структуру іхтіоценозів, угруповання риб утворили відносно стійкі адаптивні пристосування. Але минув час і зростання техногенного впливу в 1970-і – 1980-і роки порушує цю слабку адаптивну стійкість.

Зменшення кількісного складу риб у першу чергу викликане антропогенними чинниками, серед яких найнегативнішу роль відіграє техногенне й агрогенне забруднення водойм. Найбільш чітко цей вплив можна простежити в різних водних екосистемах залежно від рівня забруднення (табл. 5).

Таблиця 5

Вплив рівнів техногенного та агрогенного забруднення водойм Придніпров'я на видове різноманіття і чисельність риб (в індексах відносно умовно чистих зон, прийнятих за «1»)

Показники	Рівні забруднення	Водні екосистеми					
		річкові		озерні		водосховищні	
		повноводні	маловодні	степові	лісові	дніпровські	київські
Видове різноманіття відносно умовно чистих екосистем	0	1	1	1	1	1	1
	1	0,76 0,61-0,81	0,69 0,58-0,73	0,64 0,50-0,69	0,71 0,60-0,77	0,89 0,75-0,92	0,73 0,67-0,78
	2	0,62 0,55-0,71	0,42 0,38-0,45	0,38 0,32-0,43	0,43 0,38-0,47	0,68 0,63-0,74	0,61 0,56-0,64
	3	0,39 0,34-0,47	0,26 0,19-0,31	0,29 0,22-0,34	0,32 0,26-0,35	0,41 0,37-0,45	0,32 0,28-0,34
	4	0,22 0,18-0,23	0,17 0,12-0,24	0,16 0,12-0,22	0,18 0,15-0,22	0,29 0,23-0,32	0,23 0,19-0,25

Продовження таблиці 5

Показники	Рівні забруднення	Водні екосистеми					
		річкові		озерні		водосховищні	
		повноводні	маловодні	степові	лісові	дніпровські	криворізькі
Чисельність відносно умовно чистих екосистем	0	1	1	1	1	1	1
	1	0,72	<u>0,64</u> 0,61-0,67	<u>0,61</u> 0,57-0,65	<u>0,63</u> 0,60-0,65	<u>0,82</u> 0,74-0,85	<u>0,74</u> 0,72-0,79
	2	0,61	<u>0,52</u> 0,48-0,67	<u>0,48</u> 0,45-0,52	<u>0,51</u> 0,47-0,54	<u>0,71</u> 0,66-0,73	<u>0,65</u> 0,59-0,68
	3	0,43	<u>0,32</u> 0,30-0,35	<u>0,29</u> 0,26-0,32	<u>0,33</u> 0,31-0,36	<u>0,39</u> 0,36-0,42	<u>0,32</u> 0,27-0,36
	4	0,29	<u>0,20</u> 0,18-0,23	<u>0,14</u> 0,13-0,15	<u>0,17</u> 0,16-0,19	<u>0,31</u> 0,27-0,33	<u>0,24</u> 0,21-0,27

Примітка. Над ризикою – усереднені дані для кількох водойм; під ризикою – межі коливання в різних типах водних систем.

Цей вплив вищий у тих водних системах, у яких відсутня або слабка течія води. Так, у повноводних річках з помірною або високою швидкістю течії вплив техногенного забруднення менший.

За умов визначення допустимих навантажень на екосистеми малих річок та інших типів водних систем і виконання ряду реконструктивних і біотичних заходів ще зберігається можливість певною мірою відновити їх більш-менш первинний вигляд і тим самим урятувати і зберегти малі річки, їх цінний іхтіокомплекс, що завершує біогеоценологічний цикл у водних екосистемах.

Сучасні аспекти моніторингових досліджень в Придніпров'ї. В Україні сьогодні, згідно з «Порядком здійснення державного моніторингу вод» (ст. 21 Водного кодексу України (213/95-ВР) та постановою⁷¹⁰ Кабінету Міністрів України № 826 від 09.09.2020 р., державний моніторинг вод є невід'ємною складовою частиною державної системи моніторингу довкілля. На основі цих двох урядових документів розроблена «Єдина міжвідомча інструкція з організації та здійснення державного моніторингу вод» (ЄМІ). Цей документ встановлює єдині вимоги до організації та проведення спостережень за станом поверхневих вод, прибережних зон водосховищ, підземних вод джерел забруднення вод, за гідрологічними, фізико-хімічними, біологічними, радіологічними показниками якості вод. Виконання вимог ЄМІ обов'язкове для всіх підрозділів суб'єктів державного моніторингу вод, а також відповідальних водокористувачів, які здійснюють спостереження за кількісним та якісним станом вод.

До об'єктів державного моніторингу природних вод України відносять:

- поверхневі води, у тому числі природні водойми і водотоки (річки, струмки), штучні водойми (водосховища, ставки) і канали;
- підземні води і джерела;
- внутрішні морські води і територіальне море, морську економічну зону;
- джерела забруднення вод, включаючи зворотні води, аварійні скиди рідких продуктів і відходів, втрати продуктів і матеріалів при видобутку корисних копалин у межах акваторій поверхневих і морських вод;
- води поверхневого стоку із сільськогосподарських угідь;

⁷¹⁰ Положення про державну систему моніторингу навколишнього середовища // Постанова Кабінету Міністрів України № 826 від 09.09.2020 р.

фільтрацію забруднювальних речовин з технологічних водойм і сховищ;

масовий розвиток синьо-зелених водоростей;

надходження забруднювальних речовин з донних відкладень (повторне забруднення) та ін.

Основний обсяг робіт із моніторингу річок виконують пункти спостережень Українського гідрометеорологічного центру. Ці пункти розподілені за 10 річковими басейнами України. Найбільше пунктів спостережень розташовано в басейні Дніпра, розвинена мережа спостережень у басейнах Дунаю та Дністра. Сучасна гідрологічна мережа України налічує 374 пости (<https://www.davr.gov.ua>).

Гідроекологічні моніторингові дослідження на водоймах Придніпров'я здійснюються також науковцями закладів вищої освіти м. Дніпро, Кривого Рогу, Кам'янського. Дніпропетровська область є прифронтовим регіоном, який постійно піддається ворожим атакам. Для різнопланових іхтіологічних та рибогосподарських досліджень на водоймах два ЗВО Дніпропетровської області мають затверджені Державним агентством з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм України програми досліджень – Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара та Дніпровський державний аграрно-економічний університет (ДДАЕУ)⁷¹¹.

Відповідно до програм досліджень науковцям потрібно щорічно здійснювати визначення сучасного гідроекологічного стану водойм (ділянок) та їх придатність для організації і ведення відповідних форм рибогосподарської діяльності; розробляти напрямки рибогосподарського використання водойм (їх ділянок); досліджувати існуючий рівень біорізноманіття флори та фауни, у тому числі за групами гідробіонтів (вища водна рослинність, планктон, бентос, іхтіофауна); визначати ступінь забруднення водних екосистем; оцінювати стан популяцій туводних видів, видів-інтродуцентів, чужорідних видів риб; визначати біопродукційні можливості водних екосистем тощо.

Початок повномасштабної російсько-української війни у лютому 2022 року перекреслив усі життєві плани і наукові дослідження. Враховуючи реалії воєнних дій, розпорядженням начальника обласної військової адміністрації В. Резніченка від 29.03.2022 р. за № 87/0/527-22 «Про заборону використання суден та вилову водних біоресурсів на водоймах Дніпропетровської області у період воєнного стану» була заборонена навігація на водних об'єктах Дніпропетровщини всіх різновидів плавзасобів, заборонений вилов водних біоресурсів шляхом промислового, любительського та спортивного рибальства. Причому районні військові адміністрації, на які поклали зобов'язання вести роз'яснювальну роботу серед населення, трактували всі заборони максимально жорстко. Наприклад, в територіальних громадах Дніпропетровської області була заборонена навіть любительська риболовля з берегу на місцевих ставках і річках (за 150–250 км від фронту).

7 серпня 2023 року рішенням позачергового засідання Дніпропетровської регіональної комісії з питань техногенно-екологічної безпеки і надзвичайних ситуацій на водоймах Дніпропетровщини дозволили промисловий, спортивний, любительський і підводний вилов риби та інших живих біоресурсів. Але заборона на вихід на воду маломірних плавзасобів, човнів і катерів для рибалок-любителів та відпочиваючих Дніпропетровської області триває і донині.

Отже, здійснення будь-яких послідовних наукових моніторингових досліджень на каскаді дніпровських водосховищ і ріках області було неможливим. Незважаючи на складнощі здійснення науково-дослідних робіт під час воєнних дій у прифронтових регіонах, біомоніторингові і

⁷¹¹ Кобяков Д. О., Новіцький Р. О. (2023). Особливості моніторингових іхтіологічних досліджень у прифронтових регіонах під час воєнних дій. *Наукові основи збереження біотичної різноманітності*: мат-ли V (XVI) Міжнар. наук. конф. молодих учених (м. Львів, 18 жовтня 2023 року). Львів. С. 72–74.

рибогосподарські дослідження на Дніпропетровщині тривають. Вони не можуть бути припиненими ще й тому, що Україна повинна виконувати імplementовані Директиви Європейського Союзу (наприклад, Водну Рамкову Директиву) у галузі довкілля. Причому, згідно з прийнятими на себе зобов'язаннями, в Україні необхідно досягнути доброго екологічного стану водних об'єктів як обов'язкової екологічної цілі до 2027 року. Біота поверхневих водойм (як складова водних біоресурсів) є обов'язковим компонентом для оцінки екологічного стану прісних водойм.

4. ВИСНОВКИ

У результаті досліджень в 2015–2023 рр. накопичення важких металів (Pb, Cd, Mn, Cu, Fe, Ni, Zn, Hg) у воді, донних відкладах та гідробіонтах, вмісту радіонуклідів (^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K) на водних об'єктах та рибогосподарських водоймах, водосховищах комплексного призначення Придніпров'я було встановлено:

- вода у гідротехнічному каналі Дніпро-Донбас характеризується підвищеними показниками вмісту важких металів. Із 6 досліджених важких металів не перевищена ГДК тільки для плюмбуму (0,40 мг/дм³);

- встановлено, що гідротехнічні заходи на каналі Дніпро-Донбас впливають на рівень мінералізації у водоймі. У воді каналу до прокачування спостерігається підвищений вміст ^{90}Sr , хоча у організмі риб (карась сріблястий *Carassius gibelio*, товстолобик білий *Hypophthalmichthys molitrix*, амур білий *Ctenopharyngodon idella*, короп *Cyprinus caprio*, лящ *Abramis brama*) вміст радіонуклідів (^{137}Cs , ^{90}Sr) залишається в межах допустимих норм. Після прокачування води вміст радіонуклідів зменшується в 9,7 раз;

- рибна продукція у каналі «Дніпро-Донбас» за радіоекологічними показниками є безпечною;

- для риб Дніпровського водосховища вміст більшості важких металів був підвищеним. У м'ясі пелагічної плітки *R. rutilus* тільки вміст купруму був у межах норми (1,56 мг/кг), всі інші 6 важких металів перевищували нормативи ГДК. У м'ясі бентофага *C. gibelio* підвищені рівні накопичення ВМ відзначалися для Mn, Fe, Pb, Ni, а для Zn, Cu, Cd показники їх вмісту знаходилися у межах нормативу. У м'ясі окуня річкового *P. fluviatilis* найбільший вміст ВМ відзначений для Fe (80,54 мг/кг), підвищені показники – для Mn, Zn, Pb, Ni;

- отримані результати свідчать, що гідроекосистема Дніпровського водосховища, на відміну від інших водних об'єктів регіону, є значно забрудненою важкими металами. Це адекватно відобразилося на рівнях накопичення ВМ в організмі риб різних екологічних груп – пелагічних рослинноїїдних, придонних бентофагів, хижаків;

- сучасні моніторингові дослідження на водоймах Придніпров'я як прифронтового регіону утруднюються внаслідок повномасштабної російсько-української війни і обмежень, накладених обласною військовою адміністрацією та Дніпропетровською регіональною комісією з питань техногенно-екологічної безпеки і надзвичайних ситуацій.