

УДК 569.554.4 : 639.321.97

© О. В. Федоненко, Т. С. Шарамок

АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА ЕКОСИСТЕМУ ЗАПОРІЗЬКОГО (ДНІПРОВСЬКОГО) ВОДОСХОВИЩА

*Дніпропетровський національний університет ім. Олесь Гончара
49000, м. Дніпропетровськ, пр. Гагаріна, 72; e-mail: hydro-dnu@mail.ru*

Федоненко О. В., Шарамок Т. С. Антропогенний вплив важких металів на екосистему Запорізького (Дніпровського) водосховища. – Здійснений аналіз сучасної еколого-токсикологічної ситуації в Запорізькому водосховищі на підставі визначення забруднення важкими металами складових компонентів екосистеми – води, донних відкладень та промислових видів риб (*Clupeonella cultriventris*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Carassius auratus gibelio*, *Sander lucioperca*). Вода нижньої ділянки Запорізького водосховища віднесена до IV-го класу б категорії (брудна). Вміст важких металів в організмі різних видів риб залежить від характеру їх харчування та біотопу. Найвищий вміст важких металів спостерігається у 4-річних особин карася сріблястого.

Ключові слова: важкі метали, карась, судак, тюлька, білий товстолобик, оцінка якості води, коефіцієнти накопичення важких металів.

Вступ

Пріоритетними токсичними забруднювачами є важкі метали, які можуть бути перенесені разом з повітряними та водними масами на великі відстані. Важкі метали становлять надзвичайну небезпеку як забруднювачі природних вод, які навіть у порівняно малих концентраціях можуть негативно впливати на водні організми, у тому числі й на риб. Біологічні наслідки забруднення важкими металами навколишнього середовища виявляються насамперед у прямій токсичній дії на гідробіонтів, що призводить до ураження їх фізіологічних систем та масової загибелі організмів. Окрім того, відзначається порушення первинної продукції і трофічних зв'язків, а також рівноваги між авто- і гетеротрофними організмами, що призводить до порушення біотичного кругообігу і дестабілізації водних екосистем [1].

У воді Запорізького водосховища та його приток постійно спостерігається порушення вимог СанПіН-88 за вмістом Cd, Mn, Cu і на деяких ділянках – за вмістом Zn, Ni і Fe. Зазначені важкі метали здатні знижувати чисельність, пригнічувати розвиток та викликати загибель планктонних груп, у першу чергу – фільтраторів, чутливих до дії токсикантів. Забруднюючі речовини, потрапляючи до водойм, активно накопичуються завислими частками, донними відкладеннями, гідробіонтами: бактеріопланктоном, фітопланктоном, зоопланктоном, зообентосом, вищою водною рослинністю, рибами [2-4]. Значно впливають на якість води забруднені донні відкладення, які за певних умов можуть стати джерелом вторинного забруднення водних мас важкими металами. Негативно позначається на якості води низька ефективність наявних очисних споруд деяких промислових підприємств [5].

Формування якості природних вод має першорядне значення для комунального та рибного господарства. Необхідним є раціональне використання водних ресурсів, їх перерозподіл у сфері використання, збереження достатнього для самоочищення об'єму, поліпшення якості води [2].

За таких умов необхідно поглиблювати теоретичний аналіз процесів, які відбуваються у водних екосистемах. Науково-практичну актуальність становить вивчення сучасної еколого-токсикологічної ситуації у Запорізькому водосховищі на підставі результатів дослідження вмісту і шляхів міграції важких металів у складових компонентах екосистеми, в тому числі забрудненість промислових видів риб [6].

Пропонована робота присвячена визначенню вмісту важких металів у воді та донних відкладеннях Запорізького водосховища, проведений порівняльний аналіз накопичення важких металів рибами з різним типом живлення.

Матеріали та методи дослідження

Дослідження проводились у нижній ділянці Запорізького водосховища (район с. Військове), де постійно ведеться рибний промисел та зосереджено нагул

промисловоцінних видів риб. Об'єктами дослідження були цьогорічки та дворічки тюльки звичайної (*Clupeonella cultriventris*) та чотирьохрічки білого товстолобика (*Hypophthalmichthys molitrix*), карася сріблястого (*Carassius auratus gibelio*) і судака (*Sander lucioperca*).

Для визначення забрудненості середовища існування риб проводився синхронний відбір проб води. Підготовка проб води проводилася згідно загальноприйнятих методик [7, 8] і полягала в наступному: воду фільтрували через мембранний фільтр 0,45 мк для відділення зважених речовин, підкисляли особливо чистою соляною кислотою до рН 2,5 і зберігали до лабораторної обробки. Надалі 1 л проби води випаровували насухо, після чого залишок розчиняли в 1н азотній і 1н соляній кислотах.

Проби донних відкладень відбирали дночерпальником Петерсена з горизонту 0-5 см.

При підготовці до аналізу біологічних проб тканин риб і донних відкладень їх гомогенізували, висушували при температурі 105°C до постійної маси, а потім спопеляли при температурі 450°C до отримання білої золи, яку обробляли 1н азотною і 1н соляною кислотою. Отриманий розчин фільтрували через фільтр «синя стрічка» і переносили в ємність, доводячи об'єм до 10 мл.

Концентрацію кадмію, свинцю, міді, цинку, заліза та ртуті в пробах визначали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С115-М1. Вміст важких металів в донних відкладеннях та тушках риб виражали в мг/кг маси сухої та сирої речовини відповідно, концентрацію у воді – у мг/л [8].

Статистичне опрацювання здійснювали з використанням програмного пакету для персональних комп'ютерів Microsoft Excel.

Результати та обговорення

У воді Запорізького водосховища за період дослідження виявлено високий вміст цинку та міді порівняно з існуючими рибогосподарськими ГДК у 2 та 5 разів відповідно (табл. 1). Концентрація міді у воді водосховища в останні роки досить висока і в середньому по акваторії складає 0,01 мг/л [6].

Таблиця 1

Вміст важких металів у воді (M±m мг/л, n=5)

	M±m	ГДК рибогосподарські
Кадмій	0,00004±0,00001	0,005
Свинець	0,006±0,0007	0,1
Цинк	0,02±0,008	0,01
Мідь	0,005±0,0005	0,001
Ртуть	0,0001±0,00006	0,0005
Залізо	0,03±0,002	0,1

Цей факт можна пояснити тим, що основним джерелом надходження міді у водні об'єкти є стічні води хімічних і металургійних підприємств, а також сільськогосподарських угідь, на яких використовують різні препарати з вмістом міді для боротьби з шкідливими рослинами. Вміст цинку порівняно з попередніми дослідженнями збільшився майже у 2 рази, що свідчить про його техногенне походження.

На думку А. І. Корабльової [9], Запорізьке водосховище у відношенні забруднення донних відкладень важкими металами можна порівняти з величезним відстійником, де вміст їх постійно зростає.

Спостерігалось зростання концентрації кадмію, свинцю, цинку та заліза порівняно з результатами попередніх досліджень. При цьому вміст цинку в донних відкладеннях Запорізького водосховища перевищував кларкові значення на 22% (рис. 1). У розподілі цинку в донних відкладеннях Запорізького водосховища значну роль відіграє антропогенний фактор. За даними багаторічних досліджень, простежується певне збільшення концентрації цинку в опадах водосховища. Це є результатом подальшого його залучення до промислового виробництва та хімізації сільського господарства [2].

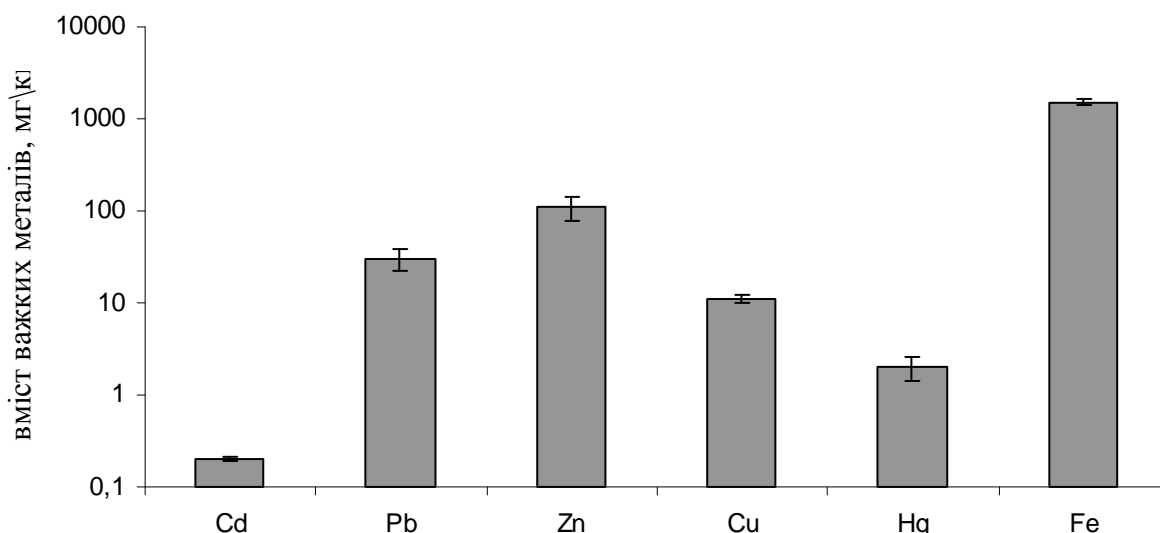


Рис. 1. Вміст важких металів у донних відкладеннях Запорізького водосховища ($M \pm m$ мг/кг, $n=5$).

За даними наших досліджень, рівень вмісту важких металів в організмі риб Запорізького водосховища не перевищували ГДК для риб як харчового продукту (табл. 2). Результати досліджень показали, що вміст кадмію в тушках карася та судака значно не відрізнявся і складав в середньому $0,0023 \pm 0,0005$ мг/кг. В організмі білого товстолобика вміст цього елемента був нижчим на 65%, а тюльки – на 60% ($p < 0,05$).

Як відомо, мідь потрапляє в організм риб, головним чином, з їжею, а не з водою, тому рівні її вмісту не можуть реально відображати ступінь забруднення води, що і підтверджується нашими дослідженнями. У тушках білого товстолобика концентрація міді була найвищою ($0,54 \pm 0,09$ мг/кг), що пов'язано з типом живлення білого товстолобика. Мікрородорості, які вживає товстолобик у великій кількості, є макроконцентраторами міді. В організмі тюльки та карася концентрація міді була майже на одному рівні ($0,43 \pm 0,07$ мг/кг), а у судака цей показник був меншим на 26% ($p < 0,05$).

Найвищий вміст цинку спостерігався в тушках карася сріблястого ($6,1 \pm 1,2$ мг/кг) та був більшим порівняно з рівнем вмісту в організмі інших досліджуваних риб на 38% ($p < 0,05$). Це пов'язано з типом живлення та біотопом карася, який постійно контактує з донними відкладеннями. Простежується позитивна кореляція між вмістом цинку у тушках карася та донних відкладень ($r=0,81$).

Таблиця 2

Вміст важких металів в організмі риб ($M \pm m$ мг/кг сирової маси, $n=5$)

Види риб	Важкі метали					
	Кадмій	Мідь	Цинк	Залізо	Свинець	Ртуть
Тюлька	$0,0008 \pm 0,00007$	$0,4 \pm 0,06$	$4,5 \pm 0,42$	$6,1 \pm 0,64$	$0,07 \pm 0,009$	-
Білий товстолобик	$0,0007 \pm 0,00009$	$0,46 \pm 0,08$	$4,4 \pm 0,47$	$7,6 \pm 1,1$	$0,02 \pm 0,004$	$0,0075 \pm 0,0005$
Карась сріблястий	$0,0026 \pm 0,0005$	$0,54 \pm 0,09$	$6,1 \pm 1,2$	$9,4 \pm 1,5$	$0,02 \pm 0,007$	$0,01 \pm 0,006$
Судак	$0,002 \pm 0,0006$	$0,32 \pm 0,07$	$4,3 \pm 0,9$	$7,9 \pm 1,8$	$0,05 \pm 0,02$	$0,012 \pm 0,008$
ГДК	0,2	10	40	30	1,0	0,3

Така ж тенденція відмічається і в накопиченні заліза рибами нижньої ділянки Запорізького водосховища. Вміст його в організмі карася вище, ніж у судака і білого товстолобика на 22-23% та ніж у тюльки на 54% ($p < 0,05$). Коефіцієнт кореляції між вмістом у тушках карася та донних відкладеннях дорівнює 0,75.

Вміст свинцю в рибах Запорізького водосховища був незначним, а також не простежувалось чіткої залежності між рівнем вмісту цього елемента та особливостями харчування риб. Найвищий вміст свинцю зафіксовано в організмі тюльки ($0,07 \pm 0,009$ мг/кг) та трохи менший – в організмі судака (на 29%). У тушках білого товстолобика та карася сріблястого середня концентрація свинцю складала ($0,02 \pm 0,005$ мг/кг) та відрізнялась від максимального значення (тюлька) на 71% ($p < 0,05$).

Найменший вміст ртуті виявлено в тушках білого товстолобика, який на 25% нижчий, чим у тушках карася сріблястого та судака.

За сумарним вмістом важких металів в організмі досліджуваних риб можна побудувати такі ряди: карась сріблястий > судак > білий товстолобик > тюлька.

Високий вміст важких металів в організмі риб-бентофагів пояснюється їх типом харчування. Детрит, який є їх основною їжею, як правило, концентрує в собі найбільшу кількість важких металів серед інших компонентів екосистеми [10]. Найбільш високий рівень вмісту важких металів спостерігається у 4-річних особин карася сріблястого.

Порівняльний аналіз коефіцієнтів накопичення важких металів у тушках різних видів риб Запорізького водосховища показав коливання його значень у широких межах, що в першу чергу пов'язано з особливостями харчування риб та їх біотопу (табл. 3).

В усіх видах риб відмічались досить високі коефіцієнти накопичення цинку та заліза. Відомо, що в першу чергу в організмі інтенсивно накопичуються ті елементи, які необхідні для його життєдіяльності, що беруть активну участь у фізіологічних процесах [10]. Звертають увагу досить високі значення коефіцієнту накопичення ртуті у риб Запорізького водосховища. Оскільки доведена позитивна залежність між вмістом ртуті в тушках риб та їх віком, розміром і масою [11], можна прогнозувати підвищення її концентрації у риб старших вікових генерацій.

Таблиця 3

Коефіцієнти накопичення важких металів у рибах Запорізького водосховища

Види риб	Важкі метали					
	Кадмій	Мідь	Цинк	Залізо	Свинець	Ртуть
Тюлька	20	80	225	203	12	-
Білий товстолобик	18	92	220	253	3	75
Карась сріблястий	65	108	305	313	3	100
Судак	50	64	215	263	8	120

Висновки

У воді Запорізького водосховища вміст цинку та міді був вищим порівняно з рибогосподарськими ГДК у 2 та 5 разів відповідно.

За специфічними показниками якість води нижньої ділянки Запорізького водосховища відноситься до 6 категорії і характеризується як брудна.

Встановлено перевищення кларкових значень цинку у донних відкладеннях нижньої ділянки Запорізького водосховища на 22%.

Вміст важких металів в організмі різних видів риб залежить від характеру їх харчування та біотопу. Найбільш високий рівень вмісту важких металів спостерігається у 4-річних особин карася сріблястого. Вміст цинку та заліза в тушках карася залежить від вмісту їх у донних відкладеннях.

Список літератури

1. *Дмитриева А. Г.* Физиология растительных организмов и роль металлов / А. Г. Дмитриева, О. Н. Кожанова, Н. Л. Дронина. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 159 с.
2. Запорожское водохранилище / А. И. Дворецкий, Ф. П. Рябов, Г. П. Емец [и др.] / Под ред. А. И. Дворецкого, Ф. П. Рябова. – Днепропетровск: Изд-во Днепропетр. нац. ун-та, 2000. – 170 с.
3. Оценка загрязнения воды и донных отложений реки Самары тяжелыми металлами / Тарасенко С. Н., Кочет В. Н., Загубиженко Н. И., Мисюра А. Н. // Вестник Днепропетровского университета. Биология. Экология. – 1997. – Вып. 3. – С. 87–94.
4. *Есипова Н. Б.* Эколого-физиологическая характеристика рыб, обитающих в зоне антропогенного загрязнения / Н. Б. Есипова, Т. С. Шарамок, Е. В. Федоненко // Наук. зап. Тернопільського нац. ун-та. Серія біологія. – 2005. – № 3 (26). – С. 150–152.
5. Звіт про стан навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області за 1999 рік. – Дніпропетровськ: Державне управління екологічної безпеки в Дніпропетровській області, 2000. – 104 с.
6. *Федоненко О. В.* Вплив антропогенних факторів на стан промислової іхтіофауни Запорізького водосховища: автореф. дис. на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук / О. В. Федоненко. – Одеса, 2010. – 38 с.
7. *Рожкова И. М.* Методика определения минеральных веществ в воде, корме, органах, тканях и экскрементах рыб // Вопросы физиологии и биохимии питания рыб. – М., 1987. – С. 176–182.
8. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / [Під ред. В. Д. Романенко]. – К.: ЛОГОС, 2006. – 628 с.
9. *Кораблева А. И.* Оценка уровня загрязнения Запорожского водохранилища тяжелыми металлами и предложения по разработке природоохранных мероприятий / А. И. Кораблева. – Днепропетровск, 1991. – 51 с.
10. *Евтушенко Н. Ю.* Особенности накопления тяжелых металлов в тканях рыб Кременчугского водохранилища / Н. Ю. Евтушенко, О. В. Данилко // Гидробиол. журн. – 1996. – Т. 32, № 4. – С. 58–66.
11. *Немова Н. Н.* Биохимические эффекты накопления ртути у рыб / Н. Н. Немова. – М.: Наука, 2005. – 152 с.

Федоненко Е. В., Шарамок Т. С. Антропогенное влияние тяжелых металлов на экосистему Запорожского (Днепровского) водохранилища. – Проведен анализ современной эколого-токсикологической ситуации в Запорожском водохранилище на основании определения загрязнения тяжелыми металлами составляющих компонентов экосистемы – воды, донных отложений и промысловых видов рыб (*Clupeonella cultriventris*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Carassius auratus gibelio*, *Sander lucioperca*). Вода нижней части Запорожского водохранилища отнесена к IV-му классу 6 категории (грязная). Содержание тяжелых металлов в организме разных видов рыб зависит от характера их питания и биотопа. Максимальное содержание тяжелых металлов наблюдается у 4-летних особей серебряного карася.

Ключевые слова: тяжелые металлы, карась, судак, тюлька, белый толстолобик, оценка качества воды, коэффициенты накопления тяжелых металлов.

Fedonenko O. V., Sharamok T. S. Anthropogenic influence of heavy metals on ecosystem of Zaporozhian Reservoir. – Done analysis of modern ecologic-toxicology situation in Zaporozhian Reservoir on the base determination of pollution by heavy metals components of the ecosystem – water, ground deposits and fishes of industrial (*Clupeonella cultriventris*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Carassius auratus gibelio*, *Sander lucioperca*). The water quality in lower area of the Zaporozhian Reservoir was qualified as IV class and 6 category (dirty). The table of heavy metals contents in the organism of various types of fishes depends on character of their feed, biotop and their physiology state. The highest levels of the heavy metals contents were indicated at the 4-years-old individuals of the *Carassius auratus gibelio*.

Key words: heavy metals, *Clupeonella cultriventris*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Carassius auratus gibelio*, *Sander lucioperca*, estimate of quality of water, coefficients of accumulation of heavy metals.