

<https://doi.org/10.15407/dopovidi2023.06.078>

УДК 546.732 : (597.551.2+597.552.1)

В.С. Марків, <https://orcid.org/0000-0003-1294-7827>

В.О. Хоменчук, <https://orcid.org/0000-0003-0500-6754>

В.З. Курант, <https://orcid.org/0000-0002-3349-046X>

Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка, Тернопіль

E-mail: khomenchuk@tnpu.edu.ua

Накопичення кобальту в організмі прісноводних риб за його підвищеного вмісту у воді

Досліджено особливості кількісного накопичення кобальту в організмі карася та щуки за різної його концентрації в оточуючому водному середовищі. Встановлено залежність між вмістом металу у воді і його накопиченням у зябрах, печінці та скелетних м'язах. Підвищені концентрації кобальту у водному середовищі (0,1 та 0,25 мг/дм³) призводять в основному до акумулювання металу в тканинах досліджених видів риб. Більш значне зростання цього показника спостерігається за вищої концентрації металу у воді.

Ключові слова: прісноводні риби, зябра, печінка, м'язи, кобальт.

Внаслідок дії антропогенних чинників у наш час в Україні відмічається надмірний вміст важких металів у водному середовищі. Цим зумовлено теоретичний і практичний інтерес до вивчення особливостей накопичення цих металів в органах і тканинах риб, які є важливою ланкою водних екосистем.

Функціонально сполуки металів відіграють важливу роль у життєдіяльності всіх живих організмів, у тому числі й гідробіонтів [1—3]. Входячи до складу багатьох органічних речовин або вступаючи з ними у взаємодію, вони впливають на перебіг низки біохімічних процесів [1, 4]. Такий вплив може бути стимулювальним, пригнічувальним або нейтральним залежно від природи металу, концентрації та форми його існування у воді [5, 6]. Біологічна функція металів здійснюється за досить низьких їх концентрацій. Якщо концентрація металів перевищує необхідний рівень, порушується нормальний перебіг процесів життєдіяльності. Крім того, зростання вмісту важких металів у водному середовищі спричинює надмірне акумулювання їх водними організмами [7].

Ц и т у в а н н я: Марків В.С., Хоменчук В.О., Курант В.З. Накопичення кобальту в організмі прісноводних риб за його підвищеного вмісту у воді. *Допов. Нац. акад. наук Укр.* 2023. № 6. С. 78—82. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2023.06.078>

© Видавець ВД «Академперіодика» НАН України, 2023. Стаття опублікована за умовами відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Певний інтерес становлять важкі метали, які застосовуються у різних галузях виробничої діяльності людини і є важливими для життєдіяльності гідробіонтів. Саме до таких металів належить кобальт. У живих організмах кобальт виконує важливі біологічні функції. Він є незамінним компонентом вітаміну B_{12} , бере активну участь у процесі кровотворення і перенесення кисню гемоглобіном, а також іншими пігментами крові [8]. Кобальт активує також процес синтезу білків, сприяє їх накопиченню в органах і тканинах риб. Введення в кормові суміші риб солей кобальту сприяло збільшенню біомаси однорічних коропів майже на 20 % [9]. Цей метал впливає на обмін і біологічну дію кальцію та фосфору. Так, недостатнє надходження в організм риб солей кобальту призводить до неповного засвоєння цих хімічних елементів [8]. Саме тому метою нашого дослідження було вивчення вмісту кобальту в окремих органах і тканинах коропа та щуки за його підвищеної концентрації у воді.

Матеріали і методи. Об'єктом дослідження був карась сріблястий (*Carassius gibelio* Bloch.) і щука звичайна (*Esox Lucius* L.) середньою масою 200—220 г та 150—170 г відповідно. Вивчався вплив кобальту у двох концентраціях, які в перерахунку на іони становили 0,1 та 0,25 мг/дм³. Ці концентрації є такими, що переважно використовуються під час досліджень водних інтоксикацій і зумовлюють формування в організмі риб адаптивної реакції на стрес-чинник. Використання менших концентрацій було б не доцільним через відсутність ефекту їх впливу на досліджувані показники як у гострому, так і в хронічному експериментах. Метал вносили у воду 200-літрових акваріумів, де знаходилися дослідні групи риб (по п'ять особин у кожному), у вигляді $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. З метою зниження впливу на риб їх власних екзометаболітів воду в акваріумах змінювали щодобово. Для досягнення стану розвитку і максимального прояву функціонування компенсаторно-адаптивних реакцій до металу аклімацію риб здійснювали протягом 14 діб. Цей період, за даними [10], є достатнім для формування адаптивних реакцій в організмі екзотермних тварин.

Для дослідження відбирали тканини білих м'язів спини, передньої частки печінки та зябер. Для визначення вмісту іонів кобальту в зазначених тканинах проби спалювали в перегнаний нітратній кислоті у співвідношенні 1 : 5 (маса : об'єм). Вміст металу визначали на оптичному спектрометрі з індуктивно-зв'язаною плазмою "iCAP 6300 DUO" (США) і виражали в мг/кг сирової маси тканини. Одержані результати піддавали статистичному обробленню за загальноприйнятою методикою з використання t -критерію Стьюдента для визначення достовірної різниці [11].

Результати дослідження і їх обговорення. Проникнення важких металів в організм риб та їх накопичення є багатовекторним процесом і залежить від багатьох зовнішніх та внутрішніх чинників. В основному ці метали надходять з води через зябра і шкірні покриви — парентеральне живлення [12], а також у складі їжі через шлунково-кишковий тракт — пероральне живлення [13].

Аналіз одержаних даних дає можливість виявити закономірності тканинного розподілу досліджуваного металу і особливості його накопичення залежно від функціональних особливостей органів і тканин. Експериментальні дані свідчать про те, що поглинальна здатність тканин риб різна внаслідок їх функціональних та морфологічних особливостей, а також різних фізико-хімічних властивостей самого металу [14].

Зябра є органом, який безпосередньо контактує з оточуючим водним середовищем, і тому важливо визначити вміст досліджуваного металу саме в цьому органі. Так, вміст кобальту в зябрах контрольних груп риб майже однаковий у карася і щуки. За концентра-

**Вміст кобальту в органах і тканинах прісноводних риб
за різної його концентрації у воді (мг/кг сирової маси тканини, $M \pm m$, $n = 5$)**

Вид риб	Контроль	Концентрація Co^{2+} у воді, мг/дм ³	
		0,1	0,25
Зябра			
Карась	0,87±0,10	0,98±0,13	1,07±0,07
Щука	0,91±0,15	1,28±0,33	2,66±0,25*
Печінка			
Карась	2,49±0,21	1,77±0,18*	3,95±0,25*
Щука	0,56±0,05	1,08±0,12*	1,97±0,16*
М'язи			
Карась	1,10±0,28	2,19±0,34*	4,08±0,32*
Щука	0,61±0,04	0,83±0,08*	1,07±0,12*

* Різниця вірогідна порівняно з контролем ($P < 0,05$).

ції металу у воді 0,1 мг/дм³ цей показник зростає у карася на 12,6 % і у щуки на 40,6 %. За концентрації кобальту у воді 0,25 мг/дм³ відмічається значне зростання кількості металу в зябрах у щуки (в 2,9 раза порівняно з контролем) і значно менше збільшення у карася (на 23,0 % порівняно з контролем) (таблиця).

Високий вміст кобальту виявлено в печінці карася. За концентрації металу у воді 0,1 мг/дм³ його кількість у печінці знижується на 29,0 %, а за концентрації 0,25 мг/дм³ — зростає на 58,6 %. Можливо, за дії 0,1 мг/дм³ іонів кобальту відбувається перерозподіл металу між печінкою та м'язами, оскільки вміст кобальту в м'язовій тканині за цієї концентрації Co^{2+} зростає.

У печінці щуки вміст кобальту в 4,4 раза менший, ніж у карася. За нижчої концентрації металу у воді його кількість в печінці щуки зростає на 92,8 %, а за вищої — збільшується у 3,5 раза. Печінка є одним з найбільших залозистих утворень організму, яка бере участь у важливих метаболічних процесах [15]. У цьому органі також відбувається детоксикація цілої низки шкідливих для організму речовин. Хоча кобальт і є біогенним елементом, але в значних кількостях він може бути шкідливим для гідробіонтів.

На думку М.Ю. Євтушенка і С.В. Дудник [13], головним органом депонування металів у риб є скелетні м'язи. Якщо врахувати те, що у кісткових риб м'язова тканина становить до 50 % маси тіла, то загальний вміст металів у ній може бути досить значним. Нами встановлено невисокий вміст кобальту в м'язах досліджуваних риб. Так, у м'язах карася він майже вдвічі вищий, ніж у м'язах щуки. За концентрації металу у воді 0,1 мг/дм³ вміст кобальту в м'язах карася зростає в 2 рази, а за концентрації 0,25 мг/дм³ — збільшується у 3,7 раза. У м'язах щуки за обох концентрацій металу у воді вміст кобальту в м'язах риб зростає (на 36,0 та 75,4 % відповідно).

Отже, для того щоб виявити свою дію на водні організми, важкі метали повинні проникнути в них і акумулюватися в окремих органах і тканинах. Є дані [4], що свідчать про

щонайменше два етапи біологічної акумуляції іонів важкого металу. На першому етапі відбувається досить швидке поглинання іона металу з води в результаті різноманітних процесів та явищ (від поверхневої сорбції на межі розділення організму і середовища до іонообімінної хімічної взаємодії іонів металу з субстратом поверхневих органів та структур організму). Після цього процес накопичення іонів металу з водного середовища сповільнюється і починають домінувати інші чинники, які включають обмін речовин у самому організмі, швидкість екскреції та інші процеси, внаслідок чого досягається динамічна рівновага між надходженням іонів металу в організм і їх виведенням з нього [13].

Висновки. Загалом можна зазначити, що накопичення в організмі риб важкого металу є активним і регульованим, тканиноспецифічним процесом, інтенсивність якого залежить як від фізико-хімічних особливостей водного середовища, хімічної активності іона металу, так і від фізіолого-біохімічної активності організму риб.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Martin B.R. Bioinorganic chemistry of metal ion toxicity. *Metal ions in biological systems*. Concepts on metal ion toxicity. Vol. 20. New York: Marcel Dekker, 1986. P. 21—65.
2. Campbell P.G.C. Interaction between trace metals and aquatic organisms: a critique of the free-ion activity model. *Metal speciation and bioavailability in aquatic systems*. London: J. Willey, 1995. P. 45—102.
3. Грициняк І.І., Янович Д.О., Швець Т.М. Екотоксикологія лососевих риб. Київ : Вид-во ТОВ «ДІА», 2015. 472 с.
4. Курант В.З. Роль білкового обміну в адаптації риб до дії іонів важких металів: Автореф. дис. ... д-ра біол. наук / Інститут гідробіології НАН України. Київ, 2003. 38 с.
5. Förstner V., Wittmann C.T.W. Metals pollution in the aquatic environment. New York: Springer, 1979. 276 p.
6. Линник П.Н., Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Ленинград: Гидрометеиздат, 1986. 276 с.
7. Мур Дж.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах: контроль и оценка влияния. Москва: Мир, 1987. 286 с.
8. Романенко В.Д. Основы гидроэкологии. Киев: Генеза, 2004. 664 с.
9. Евтушенко Н.Ю. Роль макро- и микроэлементов в метаболизме пресноводных рыб: Автореф. дис. ... д-ра біол. наук / МГУ. Москва, 1985. 41 с.
10. Хлебович В.В. Акклимация животных организмов. Ленинград: Наука, 1981. 135 с.
11. Лакин Г.Ф. Биометрия. Москва: Высш. шк., 1990. 351 с.
12. Карпюк М.И., Зубченко И.А., Сокольский А.Ф. Теория биосорбции водных животных (научные основы и практическое использование). Астрахань: Из-во АГТУ, 2002. 333 с.
13. Евтушенко Н.Ю., Дудник С.В. Механизмы поступления, распределения и выведения металлов из организма рыб (обзор). *Гидробиол. журн.* 2014. **50**, № 4. С. 63—77.
14. Воробьев В.И. Микроэлементы и их применение в рыбоводстве. Москва: Пищ. пром-сть, 1979. 183 с.
15. Романенко В.Д. Печень и регуляция межклеточного обмена (млекопитающие и рыбы). Киев: Наук. думка, 1978. 183 с.

Надійшло до редакції 02.06.2023

REFERENCES

1. Martin, B. R. (1988). Bioinorganic chemistry of metal ion toxicity. In *Metal ions in biological systems: Concepts on metal ion toxicity* (Vol. 20) (pp. 21-65). New York: Marcel Dekker.
2. Campbell, P. G. C. (1995). Interactions between trace metals and aquatic organisms: A critique of the free-ion activity model. In Tessier, A. & Turner, D. R. (Eds.). *Metal speciation and bioavailability in aquatic systems* (pp. 45-102). London: John Wiley & Sons.
3. Hrytsyniak, I. I., Yanovych, D. O. & Shvets, T. M. (2015). *Ecotoxicology of Salmonids*. Kyiv: Vyd-vo TOV «DIA» (in Ukrainian).

4. Kurant, V. Z. (2003). Role of protein metabolism in the adaptation of fish to the influence of ions of heavy metals. (Extended abstract of Doctor thesis). Institute of Hydrobiology, Kyiv, Ukraine (in Ukrainian).
5. Förstner, V. & Wittmann, C. T. W. (1979). Metals pollution in the aquatic environment. New York: Springer.
6. Linnyk, P. N. & Nabivanets, B. I. (1986). Forms of metal migration in fresh surface waters. Leningrad: Hydrometeoizdat (in Russian).
7. Moore, J. W. & Ramamoorthy, S. (1987). Heavy metals in natural waters: applied monitoring and impact assessment. Moscow: Mir (in Russian).
8. Romanenko, V. D. (2004). Fundamentals of hydroecology. Kyiv: Geneza (in Russian).
9. Evtushenko, N. Yu. (1985). The role of macro- and microelements in the metabolism of freshwater fish. (Extended abstract of Doctor thesis). Moscow state university, Russia (in Russian).
10. Khlebovich, V. V. (1981). Acclimatization of animal organisms. Leningrad: Nauka (in Russian).
11. Lakin, G. F. (1990). Biometrics. Moscow: Vysshaja shkola (in Russian).
12. Karpyuk, M. I., Zubchenko, I. A. & Sokolsky, A. F. (2002). Theory of biosorption of aquatic animals (scientific foundations and practical use). Astrakhan: Izd-vo AGTU (in Russian).
13. Yevtushenko, N. Yu. & Dudnyk, S. V. (2014). Mechanisms of income, distribution and excretion of metals in the fish organisms (a Review). *Gidrobiol. zhurn.*, 50, No. 4, pp. 63-77 (in Russian).
14. Vorobyov, V. I. (1979). Trace elements and their use in fish farming. Moscow: Pishhevaja promyshlennost' (in Russian).
15. Romanenko, V. D. (1978). Liver and regulation of interstitial metabolism (mammals and fish). Kyiv: Naukova Dumka (in Russian).

Received 02.06.2023

V.S. Markiv, <https://orcid.org/0000-0003-1294-7827>

V.O. Khomenchuk, <https://orcid.org/0000-0003-0500-6754>

V.Z. Kurant, <https://orcid.org/0000-0002-3349-046X>

Ternopil National Pedagogical University named after V. Hnatyuk, Ternopil
E-mail: khomenchuk@tnpu.edu.ua

ACCUMULATION OF COBALT IN THE ORGANISM OF FRESHWATER FISH DUE TO INCREASED CONTENT IN WATER

The peculiarities of the quantitative accumulation of cobalt in the body of crucian carp and pike at different concentrations in the surrounding water environment were studied. The relationship between the metal content in water and its accumulation in the gills, liver, and skeletal muscles was established. Elevated concentrations of cobalt in the aquatic environment (0.1 and 0.25 mg/dm³) primarily lead to the accumulation of the metal in the tissues of the studied fish species. A more pronounced increase in this indicator is observed with a concentration of 0.25 mg/dm³ of the metal in the water. The degree of cobalt accumulation in fish tissues follows a specific order: liver, muscles, gills.

Keywords: *freshwater fish, gills, liver, muscles, cobalt.*