

УДК 574.64:597

НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В ОРГАНІЗМІ ПРІСНОВОДНИХ РИБ ВОДНОГО БАСЕЙНУ ДОБРОТВІРСЬКОЇ ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Т. Врублевська¹, А. Най¹, О. Бонішко¹, О. Добрянська²

¹Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Кирила і Мефодія, 6, 79005 Львів, Україна
e-mail: yanay12@gmail.com;

²Львівська дослідна станція ІРГ НААН,
сmt В. Любінь, вул. Львівська, 11

Наведено дані стосовно біологічного значення важких металів в організмі риб. Результати проведених досліджень висвітлюють особливості накопичення важких металів у складових компонентах екосистеми рибицького ставу у різні пори року. Визначено особливості розподілу важких металів в органах і тканинах прісноводних видів риб – карася і плотиці.

Наведені у статті результати досліджень свідчать про відповідність концентрації важких металів у досліджуваних складових компонентах екосистеми рибицького ставу існуючим нормам, а також про тенденцію до підвищення концентрації важких металів у воді впродовж періоду досліджень. Під час дослідження вмісту їх в органах і тканинах риб визначено сезонну залежність у накопиченні важких металів.

Як показали дослідження, в організмі карася і плотиці важкі метали найбільшою мірою накопичуються в зябрах і кістках, найменшою – в шкірі та м'язовій тканині. Вміст важких металів в організмі досліджуваних видів риб не перевищував нормативних значень, крім Кадмію, Плюмбуму і Цинку.

Ключові слова: важкі метали, лускатий карась, плотиця, органи, тканини, сезонність.

Вирощування придатної для вживання риби у рибогосподарських підприємствах значною мірою залежить від екологічного стану ставів. Одними з найбільш небезпечних забруднювачів у водоймах є важкі метали (ВМ), які надходять постійно зі стічними водами доквілля та електростанцій.

Розчинні форми Zn, Cu, Pb, Cd, Sr, Mn, Ni, Fe належать до найбільш біодоступних і надходять у стави під час годівлі риби, внесення добрив на поля та попадання водних відходів з електростанції [1]. Зазначені важкі метали становлять небезпеку як забруднювачі рибицьких водойм, бо навіть у порівняно малих концентраціях вони токсично впливають на водні організми, особливо на риб, унаслідок їх біоаккумуляції в органах і тканинах.

Такі метали, як цинк, манган, мідь та ферум у фізіологічних концентраціях є життєво необхідними для здійснення регуляторних функцій в організмі риб, передусім як складові ферментів. Разом з тим, перелік важких металів містить елементи, біологічну роль у живих організмах для яких не визначено, і які токсично впливають навіть у незначних концентраціях. До таких елементів належать свинець та кадмій [2].

Свинець за значного впливу спричиняє кровотечі у травному тракті риб, анемію, ураження печінки та нирок. Інтотоксикація свинцем супроводжується змінами активності ферментів травної системи [5,6] та зниженням імунітету риб [7]. Гостре отруєння кадмієм супроводжується пошкодженням епітелію зябр, епідермісу шкіри, некрозом кишечника та нирок; хронічна інтоксикація кадмієм зумовлює некротичні зміни у зябрах, нирках та печінці, затримку росту у риб [8].

Відомо, що накопичення важких металів в організмі риб залежить від геохімічних чинників середовища, типу водойми, функціонального стану організму та особливостей живлення [3]. Питання видової залежності у накопиченні окремих важких металів в органах і тканинах риб вивчено меншою мірою. Мета нашої праці – провести контроль видових відмінностей у вмісті токсичних металів в органах і тканинах лускатого карася і плотиці.

Пробопідготовка. Для перевірки можливості сорбування досліджуваних іонів металів у тканинах риб Добротвірського водосховища ми провели детальний аналіз на їх вміст з попередньою пробопідготовкою риби – лускатого карася та плотиці, які були взяті з досліджуваного водоймища. Пробопідготовку проводили за методикою [4], способом мокрого озолення. Для цього препарували рибу масою 184,70 г (карася) і 21,20 г і 14,40 г (плотиці) та відібрали проби: м'язів, шкіри, скелету та зябрів, які зважували на аналітичній вазі, висушували у сушильні шафі при $t = 110^{\circ}\text{C}$ до постійної маси та проводили мокре озолення окиснювальною сумішшю концентрованих кислот HClO_4 та HNO_3 у співвідношенні 1:1. Озолення вважалось завершеним, коли зникало чорне забарвлення не обуглених залишків. Проби кількісно переносили у мірні колби ємністю 50 мл. Далі визначення важких металів проводили методом атомної абсорбції та фотометричним методом (Fe^{3+}), способом порівняння та добавок. Одержані цифрові дані опрацьовували статистично.

Результати досліджень. Розподіл важких металів в організмі риб досить нерівномірний. Разом з тим, керуючись фізико-хімічними властивостями самих елементів, а також фізіолого-біологічною специфікою органів і тканин риб, цей розподіл є закономірним.

Органи, що відіграють значну роль у процесах секреції, екскреції та депонування в організмі риб, характеризуються підвищеними концентраціями важких металів. З наведених даних у таблиці бачимо, що вміст металів не перевищують гранично допустимої концентрації, крім Цинку, Кадмію і Плюмбуму, отже, така риба забруднена і може становити загрозу під час споживання. Простежується, що в осінній період вміст важких металів є меншим ніж у літній. Також простежується високий вміст цинку у різних видах риб незалежно від сезону їх вилову (див.таблицю).

Вміст важких металів в органах і тканинах лускатого карася та плотиці, вирощених у водному басейні Добротвірської ТЕС, мг/кг сирової маси ($M \pm m$, $n=4$)

Вид риби	Проби	Важкі метали							
		Zn	Cd	Pb	Ni	Cu	Mn	Sr	Fe
Карась	філе	169,25	0,25	1,16	0,30	0,89	0,20	1,32	0,84
	зябра	67,61	0,48	6,42	6,05	1,54	2,55	8,49	1,94
	шкіра	250,48	0,56	5,25	1,41	1,24	3,84	0,78	0,78
	кістки	340,93	1,48	6,44	1,77	1,32	3,68	2,42	2,23
Плотиця 1 (водосховище)	філе	815,73	–	3,96	3,21	–	0,76	–	1,12
	зябра	168,10	10,42	33,53	34,13	23,27	9,66	58,42	2,07
	шкіра	122,22	5,47	7,15	8,74	4,68	6,50	4,18	1,56
	кістки	503,55	26,94	1,14	16,02	9,83	10,70	27,66	2,48
Плотиця 2 (річка)	філе	162,89	–	–	3,38	18,22	1,96	–	2,33
	зябра	116,05	14,37	16,27	52,17	11,97	10,69	60,65	2,63
	шкіра	150,07	7,70	6,21	8,55	5,47	5,60	3,84	1,99
	кістки	512,35	60,23	–	26,20	12,32	4,19	34,32	2,97
ГДК		40,0	0,2	1,0	20	10,0	20	65	10

* S_r не перевищує 1,0–2,0.

Як бачимо з даних таблиці, вміст Нікелю, Купруму і Мангану у карасі не перевищує гранично-допустимих норм [6], а у плотиці він є завищеним, зокрема найбільша кількість аналітів зосереджена у зябрах та кістках. Висока концентрація важких металів у кістках пов'язана із загальним високим вмістом мінеральних речовин в опорній тканині та структурах. Це узгоджується з одержаними даними щодо вмісту ВМ у воді, водоростях та мулі водоймища [7]. Органи та тканини, що безпосередньо контактують з навколишнім середовищем, зі здатності накопичувати важкі метали, можна поставити у такій послідовності: слиз (на поверхні тіла) > луска + шкіра > зябра. Отже, на поверхні тіла проходить фізико-хімічна сорбція, що призводить до значних накопичень металів. Під час надходження металів в організм вони найбільше концентруються в печінці, нирках, зябрах і селезінці [6]. Найменше ж металів, з розрахунку на одиницю ваги, міститься у м'язовій тканині.

Залежно від здатності ВМ накопичуватись в органах і тканинах риб у порядку зменшення, варто розмістити їх у такі ряди:

- Pb – скелет → зябра → шкіра → філе;
- Cd – скелет → шкіра → зябра → філе;
- Zn – зябра → скелет → шкіра → філе;
- Ni – зябра → скелет → шкіра → філе;
- Cu – зябра → скелет → шкіра → філе;
- Sr – зябра → скелет → філе → шкіра;
- Mn – шкіра → скелет → зябра → філе;
- Fe – скелет → зябра → філе → шкіра.

Біологічне значення міді для організму риб обумовлено її участю в будові багатьох ферментів, що беруть участь в окисно-відновних процесах, а також процесах пігментації, формування кісткової і сполучної тканин [8, 9]. Здебільшого іони міді у складі ферментів відіграють роль переносників електронів, як фактор, що обумовлює утворення ферментно-субстратних комплексів [7]. Понад 90 % усього купруму сироватки крові міститься у α 2-глобуліні церулоплазміні. Крім того, церулоплазмін стимулює депонування заліза та забезпечує його транспортування в організмі [9].

Крім того, мідь впливає на структуру та функцію нуклеїнових кислот, а також на активність ферментів енергетичного обміну. Умовно за фізіологічну норму міді в організмі риб можна прийняти концентрацію заданого мікроелемента в скелетних м'язах – 0,01–0,4 мг/кг, згідно з літературними даними для прісноводної риби. Купрум є більш токсичним порівняно до інших важких металів, за винятком меркурію [9], проте він відносно слабо акумулюється в організмі і практично не накопичується у м'язах.

Біологічна роль мангану в організмі риб реалізується через ферменти, що активуються цим мікроелементом. Зокрема, механізми специфічного впливу мангану на обмінні процеси було з'ясовано після виявлення його у складі таких металопротеїнів, як піруваткарбоксилаза та супероксиддисмутаза (MnSOD). Манган активує обмін білків, жирів та вуглеводів, впливає на фосфорно-кальцієвий обмін. Від вмісту мангану в раціоні залежить ріст риби, утворення кісток, процеси кровотворення та розмноження. За нестачі мангану простежується вкорочення тіла риб. Головним місцем накопичення мангану в організмі риби є скелет, де мікроелемент міститься переважно у вигляді неорганічних сполук, та зябра.

В організм риб манган потрапляє з водою ставів та кормом. Достатньо високий є рівень абсорбції мангану з води через зябра. Крім того, надходження мангану в організм риб різних видів залежить від особливостей їхнього живлення [12].

Значення цинку для організму риб обумовлене його участю в регуляції багатьох ланок обміну речовин у складі цинквмісних ферментів. Визначено опосередковану участь цинку у підтриманні стабільності мембран еритроцитів та обміну незамінних жирних кислот. Доступність цинку для риб з кормів коливається від 22 до 72 %.

Нестача цинку в організмі риб призводить до затримки росту, зменшення споживання корму, підвищення загибелі. З огляду на це, важливе практичне значення мають дослідження, спрямовані на визначення концентрації цинку в компонентах екосистем рибницьких ставів з метою попередження його дефіциту або надлишку у воді та раціоні риб.

Інтоксикація свинцем супроводжується змінами активності ферментів травної системи [10,11] та ураженням гуморальної ланки імунітету риб. Гостре отруєння кадмієм супроводжується пошкодженням епітелію зябр, некрозом кишечника та нирок; хронічна інтоксикація кадмієм спричиняє некротичні зміни у зябрах, нирках та печінці, затримку росту в риб.

Висновки. Проведені дослідження свідчать про вплив різних чинників на накопичення токсичних металів у воді та органах прісноводних риб. З'ясовано, що концентрації важких та інших токсичних іонів металів у досліджуваних складових гідроекосистеми водоймища корилують з їх нормативним значенням; вміст аналітів в органах і тканинах досліджуваних видів риб також перебуває в межах допустимих норм, крім значного завищеного вмісту іонів цинку, кадмію і свинцю. Одержані дані свідчать про сезонне королювання залежності накопичення деяких важких металів у риб різних видів, зокрема збільшення концентрації аналітів в органах і тканинах риб впродовж літнього та зменшення впродовж осіннього періоду. Одержані результати також свідчать про те, що в організмі лускатого карася і плотиці важкі метали найбільшою мірою накопичуються у зябрах та кістках, найменшою – у філе та шкірі.

1. Янович Н. Є., Янович Д. О. Роль мікроелементів у життєдіяльності ставкових риб // Науковий вісник ЛНУВМ та БТ ім. С. З. Гжицького. 2014. Т.16. № 2 (59). С 345–373.
2. Козырева Г. Ф., Малиновский, В. А. Риш М. А. и др. Гидробионты как биоиндикаторы загрязнения водоемов тяжелыми металлами Гидробионты как биоиндикаторы загрязнения водоемов тяжелыми металлами // 11 Всес. конф. “Микроэлементы в биологии и их применение в с.х. и мед.”: тез. докл. Самарканд, 1990. С. 43–44.
3. Евтушенко Н. Ю. Данилко О. В. Особенности накопления тяжелых металлов в тканях рыб Кременчугского водохранилища // Гидробиол. журнал. 1996. Т. 32. № 4. С. 58–66.
4. Романенко В. Д., Малышева Т. Д., Евтушенко Н. Ю. Роль отдельных органов в механизмах регуляции обмена цинка у рыб // Гидробиол. журнал. 1995. Т. 21. № 3. С. 57–62.
5. Врублевська Т. Я., Соловей О. І. Інверсійно-вольтамперометричне визначення важких металів (Cu, Pb, Zn) у плазмі крові людини // Довкілля та здоров'я. 2005. № 3. С. 63–65.
6. Риба жива. Загальні технічні умови: ДСТУ 2284:2010 [чинний від 01.01.2012]. К.: Держспоживчстандарт України, 2012. С. 26. Національний стандарт України).
7. Врублевська Т., Най А., Бонішко О., Добрянська О. Моніторинг вмісту важких металів у водному басейні Добротвірської теплоелектростанції // Тези доповідей Київської конференції з аналіт. хімії. Сучасні тенденції. 2016. С. 91.
8. Underwood E. J., Suttle N. F. The Mineral Nutrition of Livestock / E. J. Underwood, N. F. Suttle. Wallingford: CABI Publishing, 1999. P. 614.
9. Saenko E. L. Yaroplov A. I., Harris E. D. Biological functions of caeruloplasmin expressed through copper-binding sites // J. Trace Elements Exp. Med. 1994. Vol. 7. P. 69–88.
10. Остроумова Н. И. Биологические основы кормления рыб // СПб.: ИП Комплекс, 2001. С. 372.

11. Добрянська Г. Екологічна характеристика рибогосподарських водойм дослідного господарства “Великий Любін” // Львівські хімічні читання. 2005. С. Д22–Д23.
12. Мельник А. П. Показники гідрохімічного та токсикологічного стану води, донних відкладів та органів і тканин риб Добротвірського водосховища // Рибне господарство. 2004. Вип. 63. С. 155.

**FEATURES OF ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN THE VARIOUS
TYPES OF INDUSTRIAL FISH IN THE WATER POOL DOBROTIVR
POWER PLANTS**

T. Vrublevska¹, A. Nay¹, O. Bonishko¹, O. Dobranska²

¹*Ivan Franko National University of Lviv,
Kyryla & Mefodiya Str., 6, 79005 Lviv, Ukraine
e-mail: yananay12@gmail.com;*

²*Lviv Research Station IRH NAAS,
vill. B. Lubin, Lviv Str., 11 Lviv, Ukraine*

The studies addressed the accumulation of heavy metals in the ecosystem of constituents rybnitsa pond in different seasons. The peculiarities of distribution of heavy metals in water, organs and tissues of commercial species of fish – carp and plotytsi.

Cited in the article, the evidence suggests matching concentrations of heavy metals in the studied ecosystem constituents rybnitsa pool existing standards, as well as the tendency to increase the concentration of heavy metals in water for a period of research. In the study of their contents in organs and tissues of commercial species of fish, seasonal dependence was installed in the accumulation of heavy metals.

Studies have shown that the body carp and plotytsi most heavy metals accumulated in the gills, the least – in the skin and muscle tissue.

Key words: heavy metals, scaly carp, plotytsya, organs, tissue, seasonality.

Стаття надійшла до редколегії 01.11.2016
Прийнята до друку 04.01.2017