

УДК 664.952/.957

ТОКСИКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПРІСНОВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ РИБНОГО ПРОМИСЛУ РІЧОК ПІВНОЧІ УКРАЇНИ

Василенко О.О., Семерня О.В.
Сумський національний аграрний університет
вул. Г. Кондратьєва, 160, 40020, м. Суми
vasylenko.sumy@gmail.com

Досліджено особливості накопичення важких металів в екосистемах ріки Псел та ріки Десни в Сумській області. Визначено особливості накопичення і розподілу важких металів у тілі карпа дзеркального, карася та краснопірки. Результати досліджень свідчать про відповідність концентрації важких металів у досліджуваних компонентах екосистем рибицьких ставів чинним нормам. Вміст важких металів, як-от кадмій, плумбум, цинк і купрум, у м'язах досліджуваних видів гідробіонтів не перевищував нормативних значень. Досліджено шляхи надходження й акумулювання важких металів у таких видів риб, як карп дзеркальний, карась та краснопірка. Проаналізовано залежність їх проникнення та накопичення від способу живлення та властивостей іонів металів. *Ключові слова:* важкі метали, акумулювання, карп дзеркальний, карась, краснопірка.

Токсикологическая безопасность пресноводных объектов рыбного промысла рек севера Украины. Василенко О.А., Семерня Е.В. Исследованы особенности накопления тяжелых металлов в экосистемах реки Псел и реки Десны в Сумской области. Определены особенности накопления и распределения тяжелых металлов в теле карпа зеркального, карася и краснопёрки. Результаты исследований свидетельствуют о соответствии концентрации тяжелых металлов в исследуемых компонентах экосистем рыбоводческих прудов существующим нормам. Содержание таких тяжелых металлов, как кадмий, свинец, цинк и медь, в мышцах исследуемых видов гидробионтов не превышало нормативных значений. Исследованы пути поступления и аккумуляции тяжелых металлов у таких видов рыб, как карп зеркальный, карась и краснопёрка. Проанализирована зависимость их проникновения и накопления от способа питания и свойств ионов металлов. *Ключевые слова:* тяжелые металлы, аккумуляция, карп зеркальный, карась, краснопёрка.

Toxicological safety of freshwater objects of fish industry in the river of the northern part of Ukraine. Vasylenko O., Semernia O. Investigated features of the accumulation of heavy metals in the ecosystems of the river Psel and the river Desna in the Sumy region. Determined features of accumulation and distribution of heavy metals in the body of mirror carp, crucian and rudd. The results of the research indicate that the concentration of heavy metals in the studied components of the ecosystem of the fishery pond is in line with the existing norms. The content of heavy metals such as Cadmium, Plumbum, Zinc and Kuprum in the muscles of the investigated species of hydrobionts did not exceed the normative values. The ways of receipt and accumulation of heavy metals in such species of fish as mirror carp, crucian and rudd are investigated. The dependence of their penetration and accumulation depending on the method of feeding and properties of metal ions has been analyzed. *Key words:* heavy metals, accumulation, mirror carp, crucian, rudd.

Постановка проблеми. У сучасних екологічних умовах однією з найбільш гострих екологічних проблем, що стосуються гідросфери, є забруднення басейнів малих річок, які через незначні площі водозборів найбільш вразливі до негативного техногенно-антропогенного впливу. Відомо, що малі річки безпосередньо впливають на гідрохімічний склад та якість води середніх і великих річок, а в їхніх басейнах формується понад 60% водних ресурсів України [4]. Особливо небезпечними за впливом на екологічну систему водних об'єктів є важкі метали. Високий рівень забруднення середовища важкими металами призводить до зниження видового розмаїття гідробіонтів. Використання гідробіонтів як біоіндикаторів дозволяє судити про значення цих токсикантів. Групу

важких металів можна віднести до мікроелементів. Деякі вкрай необхідні для життєзабезпечення живих організмів, інші ж за потрапляння в організм призводять до його отруєння або загибелі. Фахівцями з охорони навколишнього середовища серед металів токсикантів виділена пріоритетна група, в яку входять кадмій, мідь, миш'як, нікель, ртуть, свинець, цинк і хром як небезпечні для живих організмів; з них ртуть, свинець і кадмій – найбільш токсичні [5–7]. Тому доцільно з'ясувати вміст металів, як в тканинах молюсків, так і в середовищі їх проживання – воді, тому що наявні у водних системах іони важких металів поглинаються організмами і накопичуються в тілі карпа дзеркального, карася та краснопірки, далі передаються за ланцюгом харчування [3].

Такі метали, як цинк, марганець, мідь та ферум, у фізіологічних концентраціях життєво необхідні для здійснення регуляторних функцій в організмі риб, передусім як складники ферментів. Водночас серед важких металів є елементи, біологічну роль у живих організмах яких не визначено, деякі токсичні навіть у незначних концентраціях. До таких елементів належать свинець та кадмій [2]. Відомо, що накопичення важких металів в організмі гідробіонтів, зокрема моллюсків, залежить від геохімічних чинників середовища, типу водойми, функціонального стану організму й особливостей живлення [5]. Питання кількості накопиченні окремих важких металів в організмі прісноводних моллюсків вивчено меншою мірою.

Актуальність дослідження. Останніми десятиліттями в екосистемах водойм спостерігаються зміни, які відбуваються під впливом природних чинників навколишнього середовища і під впливом господарської діяльності людини. Тому особливої актуальності набувають дослідження закономірностей реакцій прісноводних видів риб на мінливі умови навколишнього середовища. Загрозою для життєдіяльності досліджуваних карпа дзеркального, карася та красноперки є важкі метали та їхні сполуки [3; 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зміна сировинної бази і зниження обсягів вилову морських гідробіонтів пов'язані з екологічним становищем [2]. Це спричинило необхідність перегляду об'єктів сировинної бази для забезпечення населення України повноцінним харчуванням, зокрема для споживання повноцінного білка. З огляду на сучасний екологічний стан прісноводних водойм України, не варто забувати про токсикологічну безпеку потенційних продуктів харчування. Знання про екологічну безпеку, зокрема про кількісний вміст важких металів та особливості їх локалізації в м'якому тілі моллюсків, мають велике практичне значення і є предметом досліджень учених як близького [3; 4], так і далекого зарубіжжя [5–8].

Досить інтенсивно дослідження особливостей накопичення важких металів в гідробіонтами проводяться й у країнах Африки [5], Південно-Східної Азії й навіть Близького Сходу [5–8]. В Україні цій проблемі присвячено також низку досліджень, проте вони проводилися або в межах великих водосховищ – Київського, Кременчуцького, Канівського, або на території об'єктів природно-заповідного фонду.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Питання особливостей вмісту та розподілу важких металів в органах і тканинах гідробіонтів малих річок, зокрема на території Сумської області, залишилися поза увагою дослідників.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Дослідити особливості накопичення важких металів в екосистемах річок у Сумській області.

2. Проаналізувати шляхи надходження й акумулювання важких металів у м'якому тілі карпа дзеркального, карася, красноперки залежно від способу живлення та властивостей іонів важких металів.

3. Науково обґрунтувати особливості накопичення і розподілу таких важких металів, як кадмій, плумбум, цинк, у тілі карпа дзеркального, карася, красноперки.

Новизна. Досліджено екологічну доброякісність і безпечність найбільш поширених об'єктів рибного промислу півночі України. Виконання поставлених цілей дасть можливість підвищити конкурентоспроможність видів риб, що досліджуються, що є надзвичайно своєчасним та економічно виправданим завданням.

Виклад основного матеріалу. Одним із найбільш важливих чинників, які впливають на якість готової продукції, є стабільна екологічна чистота сировини. З огляду на те, що карп дзеркальний, карась, красноперка є мешканцями як проточних, так і стоячих водойм, стан яких дуже різко змінюється, зважаючи на техногенні й антропогенні чинники, визначення ступеня накопичення важких металів в їхніх тілах стає однією з найактуальніших питань на даному етапі комплексного дослідження.

Об'єктами дослідження були карп дзеркальний, карась, красноперка, що є типовими представниками річкових двостулкових моллюсків, що мешкають здебільшого в прибережній зоні на піщано-мулистому ґрунті з уповільненим плином течії. З огляду на зазначене, можна припустити: по-перше, різний рівень забруднення в різних зонах проживання риб; по-друге, імовірну здатність даних видів до накопичення важких металів.

Виловлювалися риби в р. Десні та р. Псел, в їхніх середніх течіях у районі села Пирогівка і в селищі Підліснівка, розташованому в Сумському районі. Дослідження вмісту важких металів у воді і тілі риб проведені за такими стандартами: ГОСТ 30178–96 «Сировина і продукти харчові. Атомно-абсорбційний метод визначення токсичних елементів» (спосіб сухого озолення), ІСО 8288–86 «Якість води: визначення токсичних елементів, полум'яні атомноабсорбційні спектроскопічні методи».

Для оцінки ступеня акумуляції металів у тканинах даних видів риб щодо вмісту елементів у воді розрахований коефіцієнт біологічного накопичення ($K_{\text{БН}}$), тобто відношення концентрації важких металів у м'якому тілі риб моллюсків до їх кількісного вмісту в навколишньому середовищі.

За величиною акумуляції гідробіонти, зокрема прісноводні риби, поділяються на макро-, мікро-, деконцентратори [3]. До макроконцентраторів належать риби, в яких $K_{\text{БН}} > 15\,000$, до мікроконцентраторів – риби із $K_{\text{БН}} = 10\,000\text{--}150\,000$, до деконцентраторів – із $K_{\text{БН}} < 10\,000$.

Таблиця 1

Вміст важких металів у воді і в тканинах риби $P \geq 95\%$, $n = 5$

Об'єкт досліджень	Cu	Zn	Pb	Cd
р. Десна				
Вода (мг/л)	0,019 ± 0,011	0,029 ± 0,007	–	0,024 ± 0,014
Карп дзеркальний (мг/кг)	0,86 ± 0,017	11,9 ± 0,011	–	0,15 ± 0,005
Карась (мг/кг)	0,92 ± 0,017	13,4 ± 0,011	–	0,14 ± 0,005
Красноперка (мг/кг)	0,97 ± 0,017	11,1 ± 0,011	–	0,15 ± 0,005
р. Псел				
Вода (мг/л)	0,005 ± 0,011	0,047 ± 0,011	–	0,003 ± 0,007
Карп дзеркальний (мг/кг)	0,98 ± 0,018	8,59 ± 0,005	–	0,16 ± 0,011
Карась (мг/кг)	0,84 ± 0,018	9,11 ± 0,005	–	0,16 ± 0,011
Красноперка (мг/кг)	0,78 ± 0,018	9,31 ± 0,005	–	0,19 ± 0,011

Таблиця 2

Коефіцієнти біологічного накопичення (КБН) металів у тілі прісноводних риби $P \geq 95\%$, $n = 5$

Об'єкт досліджень	$K_{\text{БН}} \text{Cu}$	$K_{\text{БН}} \text{Zn}$	$K_{\text{БН}} \text{Pb}$	$K_{\text{БН}} \text{Cd}$
Карп дзеркальний	48	547	66	20
Карась	123	789	34	44
Красноперка	76	455	90	11

З досліджених даних у табл. 1 бачимо, що вміст токсичних металів не перевищує гранично допустимої концентрації за цинком, кадмієм і плумбумом, незважаючи на наявність значної частки останніх у водних середовищах досліджуваних об'єктів. Це може бути пов'язано зі способом життєдіяльності гідробіонтів. Своєю зовнішньою частиною і такими важливими органами, як зябра, риби цілковито занурені у воду, отже дія розчинених речовин і їхня концентрація в цих органах найбільша. Основна кількість іонів, які потрапляють до організму риби, проникає через зябра (до 70%), дещо менше – через шлунково-кишковий тракт (до 20%). Водночас акумуляція плумбуму активніше проходила, коли метал надходив через кишково-шлунковий тракт. Проте технологія кулінарних виробів із даних видів риби передбачає видалення так званих неістівних частин (зябер, кишківника, гонад). Крім токсикантів у природних водах наявні розчинні нетоксичні речовини, що можуть зменшувати або збільшувати токсичність інших речовин шляхом зміни мембранної проникності.

Результати дослідження показали, що різні метали неоднаково накопичуються в тканинах досліджуваних риби (табл. 1). Варто зазначити, що досліджувані карп і красноперка найбільше накопичують цинк. Однак установлено, що вміст усіх аналізованих металів у тілі риби у різних водних системах неоднаковий, так вміст цинку – на 27% вище в р. Псел, ніж у проточній системі р. Десна, міді – на 18% менше. Проте така різниця пояснюється відповідним більшим на 34% вмістом цинку в р. Псел і меншим на 22% вмістом міді. Свинець не виявлено в досліджуваних пробах води згаданих річок.

Отже, карп дзеркальний, карп та краснопірка не становлять загрозу під час споживання. Різні види риби мають різну здатність до акумуляції металів у своїх тканинах, що цілком підтверджує вчення В.І. Вернадського, який зауважив: «Однією з функцій біосфери є концентраційна». Ці висновки добре узгоджуються з розрахованими нами коефіцієнтами біологічного накопичення металів даними видами риби ($K_{\text{БН}}$) (табл. 2).

Аналіз накопичення іонів важких металів дозволив узагальнити особливості їх кумуляції і вибудувати ряди накопичення, які мають загальні закономірності:

- для карпа дзеркального – $K_{\text{дПb}} > K_{\text{дCd}} > K_{\text{дCu}} > K_{\text{дZn}}$;
- для карася – $K_{\text{дПb}} > K_{\text{дCd}} > K_{\text{дCu}} > K_{\text{дZn}}$;
- для краснопірки – $K_{\text{дПb}} > K_{\text{дCd}} > K_{\text{дCu}} > K_{\text{дZn}}$.

Головні висновки. Проведені дослідження свідчать про вплив різних чинників на накопичення токсичних металів у воді, та тілі карпа дзеркального, карася та краснопірки. З'ясовано, що концентрації важких та інших токсичних іонів металів у досліджуваних складниках водної екосистеми водоймища корелюють з їхніми нормативним значенням. Вміст важких металів у тканинах досліджуваних видів риби перебуває в межах допустимих норм. Коефіцієнти біологічного накопичення свідчать не тільки про забруднення середовища цими металами, але і про біологічну доступність їхніх іонів у даних умовах, а також вказують на невисоку акумуляцію мікроелементів дзеркальним карпом, карасем та краснопіркою.

Література

1. Consumers' behavior towards cultured oyster and mussel in Western Visayas, Philippines / Merlina N. Andalecio, Ernestina M. Peralta, Ruby P. Napata, Liberato V. Laureta. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*. 2014. № 7 (2). P. 116–136. URL: <https://doaj.org/article/0c22a20963b849dab260b12b32fe091c/>
2. Golovko N., Golovko T., Gelikh A. Investigation amino–acid structure of proteins bivalve freshwater Mussels from the family Anodonta of the northern Ukraine. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2015. № 5/11 (77). P. 10–16.
3. Golovko N., Golovko T., Gelikh A. Investigation fatty acid and mineral of soft body bivalve freshwater mussels from the family Anodonta of the northern Ukraine. *Technological Audit and Production Reserves*. 2016. № 3/3 (29). P. 17–23.
4. Golovko N., Golovko T., Gelikh A. Gelikh Research qualitative composition of minerals soft body freshwater bivalve mussels of the genus Anodonta and marine counterpart – the mussels of the genus Mytilus. *Progressive engineering and technology of food production enterprises, catering business and trade*. 2015. № 2 (22). P. 270–278.
5. Growth of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) on the East coast of Istria / Nives Marušić, Sanja Vidaček, Helga Medić, Tomislav Petrak. *Croatian Journal of Fisheries*. 2010. № 68 (1). P. 19–25. URL: <https://doaj.org/article/1c0507ec8da6484d8ee80fd00ce4cf89>.
6. Physicochemical stability and market of mussels (*Perna perna*) cultivated in Ubatuba – SP, Brasil / Érika Fabiane Furlan, Juliana Antunes Galvão, Eduardo Oliveira Salán, Viviane Angeli Yokoyama, Marília Oetterer. *Food Science and Technology*. 2007. № 27 (3). P. 516–523. URL: <https://doaj.org/article/3df4a621844642b1b243caf6853603ad>.
7. Histopathological monitoring assessment of mussels *Perna perna* at the Itaipu Lagoon, Brazil / F. Lima, M. Abreu, E. Mesquita. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 2001. № 53 (2). P. 1–5. URL: <https://doaj.org/article/40c1d861d213406493b604b6ce2ac6ab>.
8. Processing of chopped mussel meat in retort pouch [Text] / Giustino Tribuzi, Gláucia Maria Falcão de Aragao, João Borges Laurindo. *Food Science and Technology*. 2015. URL: <https://doaj.org/article/dda612fcc5db4492b8210828bd19a72aю>.