

9. Shcherbukha A.Ya. Morfolohichni vlastyvoli puzanka *Alosa caspia* tanaika nation nordmanni Antipa z ponyzzia Pivdennoho Buhu // Biolohiia ta morfolohiia ryb ta sanitarno-biolohichnyy rezhym prisnykh vodoym Ukrainy. — K.: Naukova dumka, 1966. — S. 156—159. (in Ukrainian).
10. Pravdin I.F. Rukovodstvo po izucheniiu ryb. — M.: Pishchevaia promyshlennost', 1966. — 375 s. (in Russian).
11. Briuzgin V.L. Metody izucheniia rosta ryb po cheshue, kostiam i otolitam. — Kiev: Naukova dumka, 1969. — 187 s. (in Russian).
12. Chugunova N.I. Rukovodstvo po izucheniiu vozrasta i rosta ryb. — M., — 1959. — 164 s. (in Russian).
13. Metodyka zboru i obrobky ikhtiologichnykh i hidrobiologichnykh materialiv z metoiu vyznachennia limitiv promyslovoho vyluchennia ryb z velykykh vodoskhovyshch i lymaniv Ukrainy. — K.: IRH UAAN, 1998. — 47 s. (in Ukrainian).
14. Plokhinskiy N.A. Algoritmy biometrii. — M.: Izd-vo MGU, 1980. — 150s. (in Russian).
15. Aksiutina Z.M. Elementy matematicheskoy otsenki rezul'tatov nabliudeniy v biologicheskikh i rybokhoziaystvennykh issledovaniiah. — M.: Pishchevaia promyshlennost', 1968. — 289 s. (in Russian).

K.N. Geina

Institute of Fisheries NAAS Ukraine

MORPHO-BIOLOGICAL PUSA CHARACTERISTICS OF THE DNEPR-BUG STOCK SYSTEM

The article provides information on the current biological status of the commercial herds of the Puzanka (*Alosa caspia* tanaica, G., 1901) Dnieper-Bug estuary system. Meristic, plastic signs are analyzed, sexual dimorphism and structural characteristics of the herd are determined.

Key words: Dnieper-Bug estuary system, puzanov, plastic, meristic features, herd structure

Надійшла 23.01.2019.

УДК: 556.53 : (597.551.2+ 597.556.33 + 597.552.1) : 546.302 doi:10.25128/2078-2357.19.1.14

Б.З. ЛЯВРІН, В.О. ХОМЕНЧУК, В.З. КУРАНТ

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. Максима Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027
e-mail: bohdan.lyavrin@gmail.com

ВМІСТ ФЕРУМУ, МАНГАНУ, КОБАЛЬТУ, ЦИНКУ ТА КУПРУМУ В ОРГАНІЗМІ РИБ ІЗ РІЧОК СЕРЕТ, СТРИПА І ЗОЛОТА ЛИПА

У роботі досліджено вміст окремих металів у тканинах коропа, карася, окуня та шуки із малих річок Західного Поділля. Показано, що для різних металів існують специфічні закономірності накопичення в різних тканинах організму. Проте, загальними тенденціями, які визначають клітинні трансформації у риб, є: тканинно-специфічна локалізація клітин, що пов'язано з їх морфологією, хімічним складом та мембранною активністю; хімічна активність іону металу, особливо комплексоутворююча здатність із білками та низькомолекулярними метаболітами; концентрація іонів, яка впливає на загальний іонний гомеостаз в організмі. Відмічено також міжвидові відмінності тканин риб у накопиченні досліджених металів.

Ключові слова: Ферум, Манган, Кобальт, Цинк, Купрум, акумулювання, риби, малі річки

Проблема використання і ресурсозбереження прісних вод і водних екосистем є однією з найбільш актуальних в умовах інтенсивного антропогенного навантаження на довкілля. Спостереження останніх років свідчать про те, що гідрохімічний режим прісних водойм, який визначає якість води в них, тісно пов'язаний з концентрацією іонів металів [7].

Важкі метали, які надходять у довкілля із антропогенних джерел забруднення, суттєво впливають на стан водних екосистем. Це проявляється у збільшенні їх вмісту в воді, донних

відкладах та біоті, що призводить до зниження продуктивності водних екосистем та до потенціальної небезпеки для людини.

Сказаним зумовлено теоретичний і практичний інтерес до вивчення особливостей накопичення металів в органах і тканинах риб, які є важливою ланкою водних екосистем [9, 17].

Основна частина металів потрапляє в організм риб двома головними шляхами — через шлунково-кишковий тракт та зябра, між якими існує чітка взаємодія щодо регуляції кількості надходження металів в організм [14]. Дані особливості обумовлюють різну спорідненість окремих тканин до того чи іншого металу, а отже і різну здатність до їх акумуляції.

Молекулярні механізми їх надходження ще недостатньо вивчені. Відомо тільки, що в загальному проникнення іонів важких металів в організм риб включає чотири етапи:

- зв'язування із слизовим епітелієм;
- транспорт через апікальну мембрану, який, як вважають, здійснюється шляхом дифузії;
- проникнення металу через базолатеральну мембрану, на рівні якої проходить регуляція надходження і яке, в основному, здійснюється з допомогою активного транспорту;
- транспортування металів током крові у зв'язаній з протеїнами та пептидами формі до всіх частин тіла [15].

Виходячи із вищесказаного, актуальним є дослідження закономірностей накопичення та тканинного розподілу металів в організмі різних видів риб. Експериментальні дані свідчать про те, що поглинальна здатність тканин риб різна в силу їх функціональних та морфологічних особливостей, а також різних фізико-хімічних властивостей самих металів [18].

Матеріал і методи досліджень

Об'єктами дослідження були короп лускатий – *Cyprinus carpio* L., карась сріблястий – *Carassius gibelio* Bloch, окунь звичайний – *Perca fluviatilis* L. та щука звичайна – *Esox lucius* L. Для дослідження відбирали риб масою 290–330 г, 150–230 г, 170–230 г та 300–350 г відповідно, яких відловлювали з річок Серет, Стрипа та Золота Липа, котрі належать до басейну Дністра. Досліджували тканини зябер, передньої долі печінки та білих м'язів спини. Для визначення вмісту металів в тканинах останні спалювали в нітратній кислоті у співвідношенні 1:5 (маса:об'єм). Вміст зазначених металів визначали на атомно абсорбційному спектрофотометрі С-115 і виражали в міліграмах на кілограм вологої маси.

Результати досліджень були статистично опрацьовані з використанням стандартного пакету програм Microsoft Office 2013, та t-критерію Стьюдента для визначення достовірної різниці ($p < 0,05$) [6].

Результати досліджень та їх обговорення

Усі досліджувані нами метали є хімічними елементами, які відіграють важливу роль у багатьох фізіологічних процесах, що проходять в живих організмах, включно і у риб. При цьому кожен із них має свої індивідуальні особливості.

Ферум є металом, особливо важливим для життєдіяльності як рослинних, так і тваринних організмів. Цей метал міститься в організмі тварин в складі важливих дихальних білків — гемоглобіну і міоглобіну. До дихальних ферментів, які містять Ферум, відносять і низку біологічних каталізаторів, які беруть активну участь в перенесенні електронів в ланцюгу окисно-відновних реакцій і лежать в основі тканинного дихання (металофлавопротеїди, ферменти цитохромної системи та ін.) [13].

Із отриманих даних видно, що найвищий вміст Феруму відмічено в печінці коропа з р. Стрипа (рис. 2). У цьому ж органі коропа з р. Серет міститься Феруму менше на 23,1%, а у цього ж виду риб вилонених в р. Золота Липа на 37,6%. Найнижча концентрація цього металу знайдена в м'язах у окуня з р. Золота Липа. Майже на такому ж рівні вона і у окуня, вилоненого в р. Стрипа, і на 52,5% вища у особин цього виду з р. Серет. Досить високий вміст Феруму виявлений в печінці у карася з р. Серет, який рівний вмісту цього металу в печінці коропа з цієї ж річки. За цим показником короп і карась майже вдвічі перевищують окуня та втричі щуку. Хоча в печінці окуня з р. Стрипа Феруму вдвічі більше, ніж у особин цього виду з р. Серет та в 3,6 рази більше, ніж у окуня з р. Золота Липа.

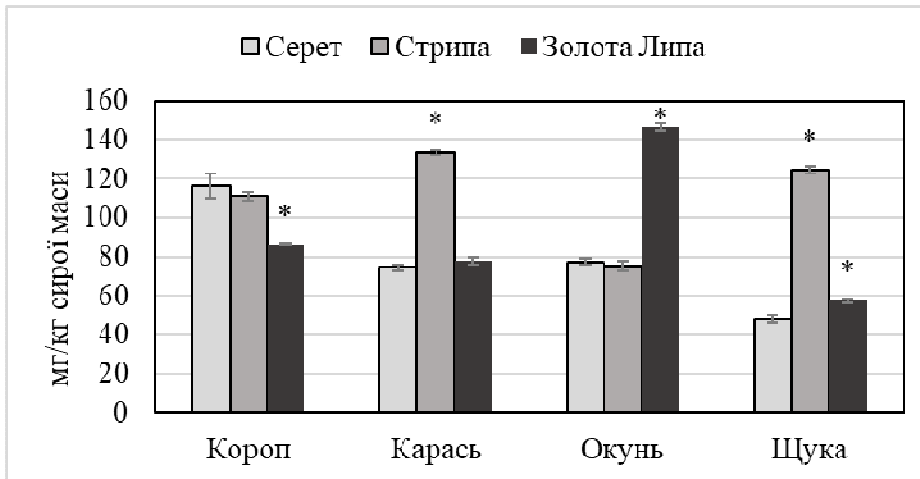


Рис. 1. Вміст Феруму у зябрах досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

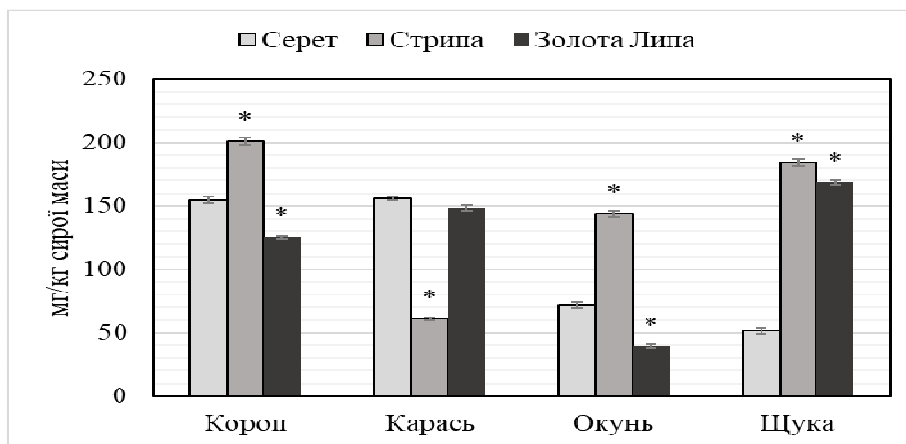


Рис. 2. Вміст Феруму у печінці досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

Вміст Феруму в зябрах досліджуваних видів риб (рис. 1) дещо нижчий, ніж в печінці, хоча вищий ніж у м'язах (рис. 3). Найбільше цього металу виявлено в зябрах окуня з р. Золота Липа, на 8,8% менше його в зябрах карася з р. Стрипа та 20,5% менше у коропа з р. Серет.

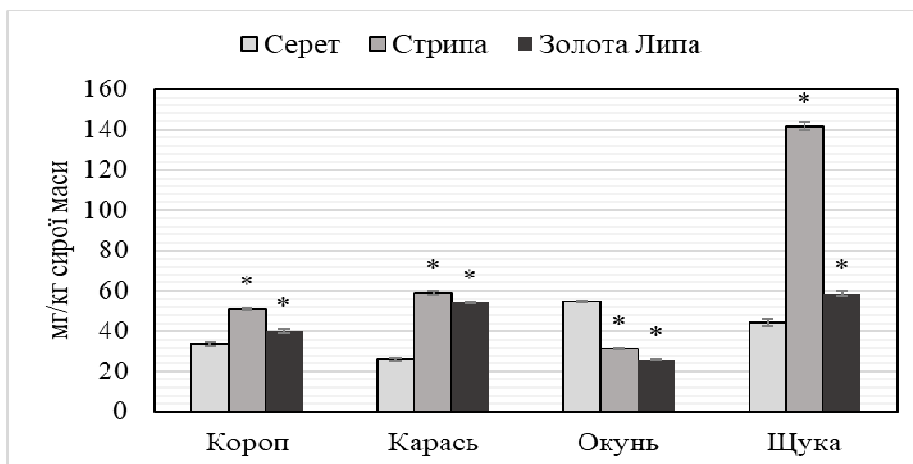


Рис. 3. Вміст Феруму у м'язах досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

Із отриманих даних видно, що організм риб активно реагує на умови існування, що відображається на вмісті Феруму в тканинах досліджуваних видів риб, виловлених в трьох малих річках. Отже, вміст Феруму у тканинах риб характеризується високою варіабельністю і залежить від виду риб і тканинної специфіки [10]. Максимальна кількість акумульованого металу характерна для риб із р. Стрипа, що може бути обумовлено високим вмістом Феруму у воді та донних відкладах водойми [1].

Кобальт є досить поширеним в природі елементом, який в незначних концентраціях зустрічається у воді, рослинах та організмі риб. При вивченні Кобальту було виявлено його позитивний вплив на процеси кровотворення у різних тварин, включно риб [12]. Надлишок Кобальту пригнічує гемопоєз, при нестачі цього металу розвивається анемія, а фізіологічні дози стимулюють утворення гемоглобіну та еритроцитів. В дослідях було показано позитивний вплив Кобальту на ріст і розвиток коропа [3].

У тканинах досліджуваних видів риб вміст цього металу незначний. Найбільше його виявлено в зябрах окуня з р. Серет, при чому вміст Кобальту в зябрах усіх видів риб, виловлених в р. Серет найвищий, в порівнянні з рибами із р. Стрипа та Золота Липа (рис. 4). Найменша концентрація вказаного металу виявлена в зябрах карася з р. Золота Липа. У всіх видів риб відмічено найменші показники вмісту Кобальту у всіх досліджуваних тканинах.

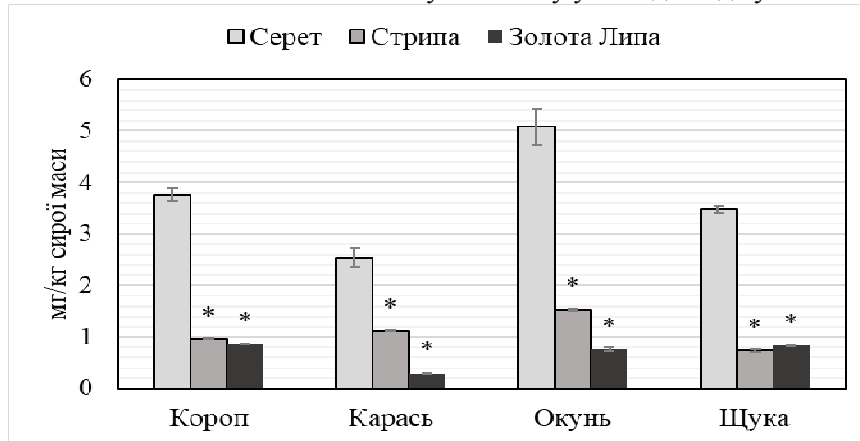


Рис. 4. Вміст Кобальту у зябрах досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

Стосовно печінки (рис. 5), то в цьому органі вміст Кобальту дещо нижчий, ніж в зябрах. Найбільший вміст цього металу знайдено в печінці окуня з р. Серет, який в 2,7 рази перевищує його в цьому органі у окуня з р. Стрипа та в 3,8 рази у особин з р. Золота Липа. Найменша концентрація Кобальту виявлена в печінці карася з р. Золота Липа. У карасів з р. Стрипа вона в 2,6 рази, а в риб цього виду з р. Серет в 6,4 рази вища.

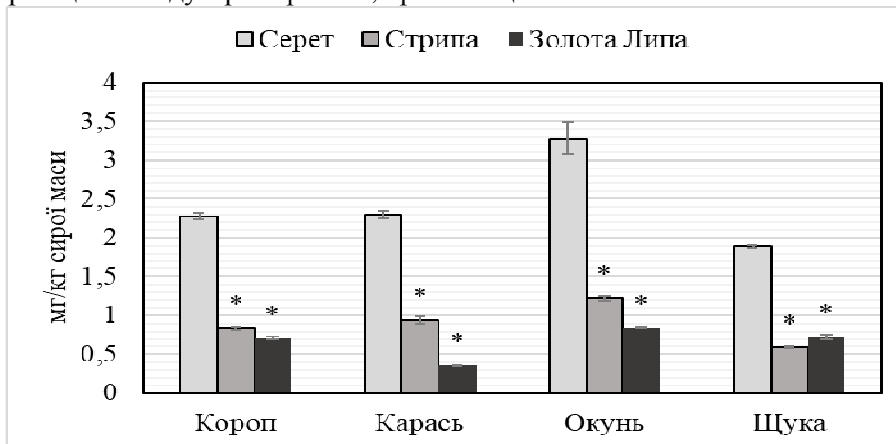


Рис. 5. Вміст Кобальту у печінці досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

М'язи містять, як правило, найменшу кількість Кобальту (рис. 6) [18]. Найбільше цього металу виявлено в м'язах окуня з р. Серет, а найменша — в цій тканині у карася з р. Золота Липа. Досліджувані види риб з р. Стрипа за вмістом Кобальту займають проміжне положення.

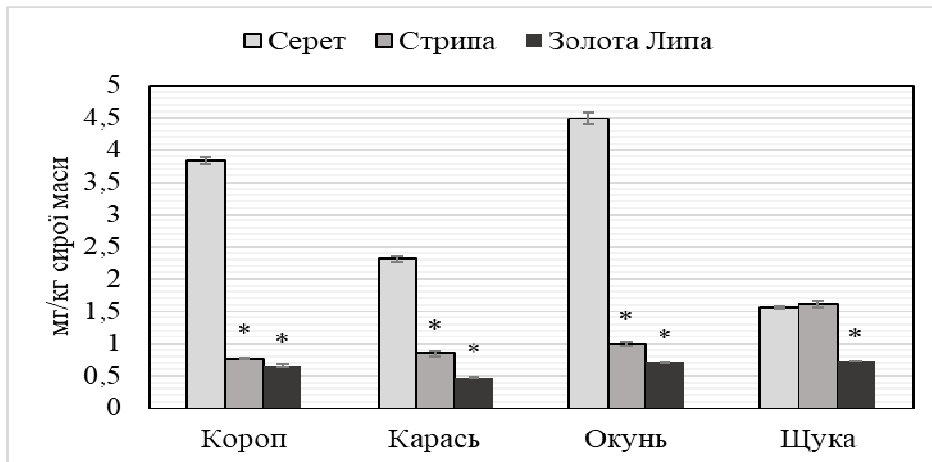


Рис. 6. Вміст Кобальту у м'язах досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

Максимальний рівень акумульованого Кобальту у тканинах досліджуваних риб було виявлено в р. Серет. За вмістом металу у організмі гідробіонтів досліджувані водотоки можна розмістити у вигляді ряду: Серет>Стрипа>Золота Липа.

Ми провели визначення в тканинах риб і Мангану. Цей елемент пов'язаний з ферментами, гормонами і вітамінами [4]. Манган активує пептидази сироватки крові, декарбоксилази піровиноградної і α -кетоглутарової кислот, фосфоглюкомутази, промідази та ін. Цей метал виступає в ролі окислювача низки біологічних систем і в анаеробних умовах діє як водневий акцептор [8].

Вміст Мангану в тканинах досліджуваних видів риб незначний. Він лише дещо перевищує вміст Кобальту. Найбільшу концентрацію цього металу виявлено у всіх досліджуваних видів риб з р. Стрипа. Особливо вона значна в зябрах карася (рис. 7). На 36,6% вміст Мангану нижчий в зябрах у коропа, на 56,8% у щуки та на 62,2% у окуня. Вміст Мангану в зябрах коропа з р. Серет та Золотої Липи майже в три рази нижчий. Найменше Мангану знайдено в зябрах окуня з р. Золота Липа. У цього ж виду риб і в цій же річці міститься найменше зазначеного металу і в печінці (рис. 8). Найнижчий вміст Мангану в печінці також виявлений у всіх видів риб, виловлених в р. Золота Липа.

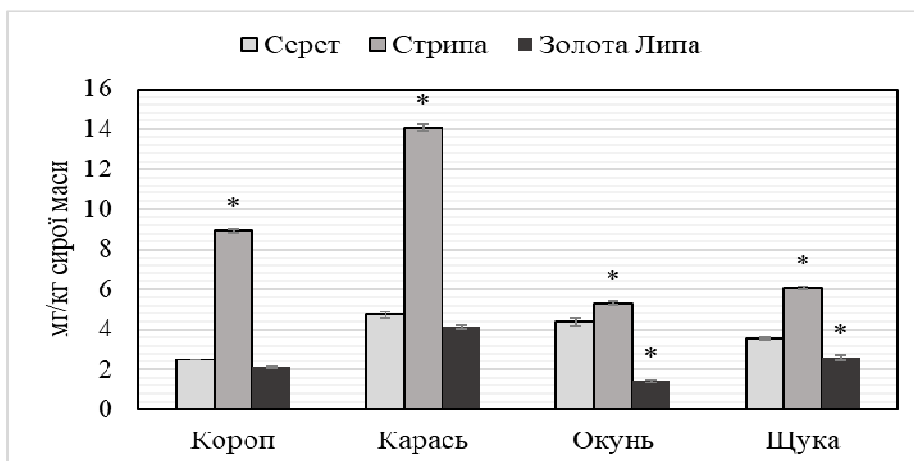


Рис. 7. Вміст Мангану у зябрах досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

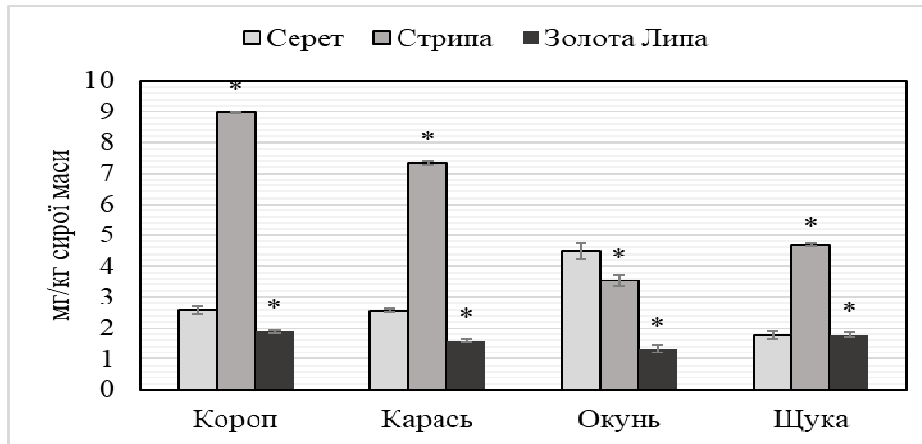


Рис. 8. Вміст Мангану у печінці досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

М'язи усіх видів риб з р. Стрипа та Золота Липа накопичують найменшу кількість Мангану (рис. 9), в той час як риби з р. Серет містять в цій тканині даного металу більше, ніж в печінці. Особливо за високим вмістом Мангану в м'язах виділяється карась з р. Серет та Стрипа. Найнижчі показники вмісту Мангану відмічено в м'язах окуня та щуки, виловлених в р. Золота Липа. Високий вміст даного металу може свідчити про високу активність окисно-відновних процесів в тканинах риб з р. Серет.

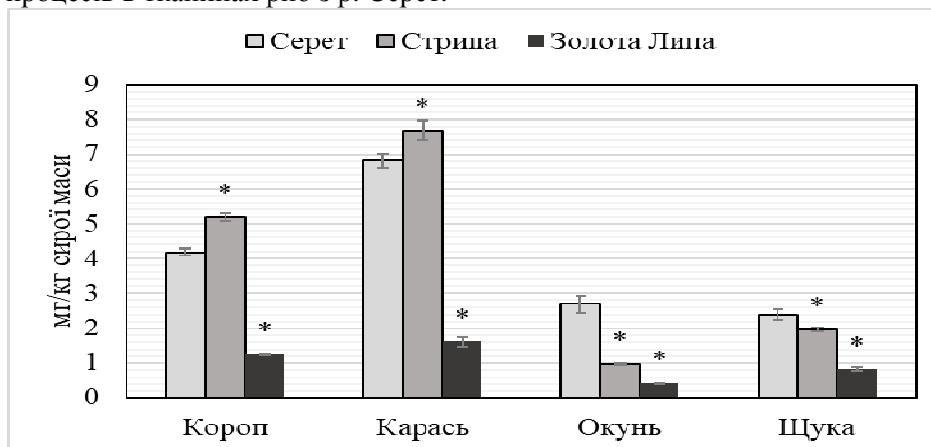


Рис. 9. Вміст Мангану у м'язах досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

Накопичення Мангану у тканинах риб має подібний з Ферумом характер. Максимум акумульованого металу відмічено для гідробіонтів з р. Стрипа.

Цинк є мікроелементом, який міститься в живих організмах у значних кількостях. В тканинах риб він сполучається з білками, амінокислотами, пуриновими основами та нуклеїновими кислотами [4]. Більшість цинквмісних білків є ферментами. Такі важливі ферменти білкового обміну як протеаза, глутаматдегідрогеназа, протеїназа містять в своєму складі цей метал [18]. Концентрація цього металу значно перевищує концентрацію Кобальту, Мангану та Купруму, і лише за вмістом Феруму деякі тканини видів риб перевищують цей показник.

Найбільше Цинку виявлено в зябрах у щуки з р. Серет (рис. 10). На 50,0% менше цього металу у щуки з р. Стрипа та на 68,8% у особин цього виду з р. Золота Липа. Високий вміст Цинку відмічено в зябрах окуня та карася з р. Серет, де їх показники практично рівні. Найнижча концентрація Цинку зафіксована в зябрах окуня з р. Золота Липа, яка в 8,5 рази менша, ніж в цьому ж органі у окуня з р. Серет.

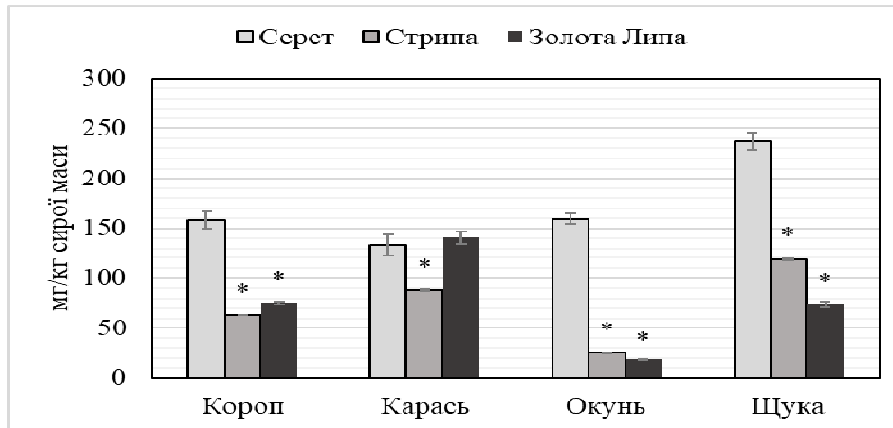


Рис. 10. Вміст Цинку у зябрах досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

В печінці вміст Цинку також найвищий у досліджуваних видів риб, виловлених в р. Серет і зменшується в цьому органі у коропа і карася з р. Золота Липа, а окуня і щуки з р. Стрипа (рис. 11). Найменше Цинку виявлено в печінці у коропа з р. Стрипа, карася з р. Серет, окуня і щуки з р. Золота Липа.

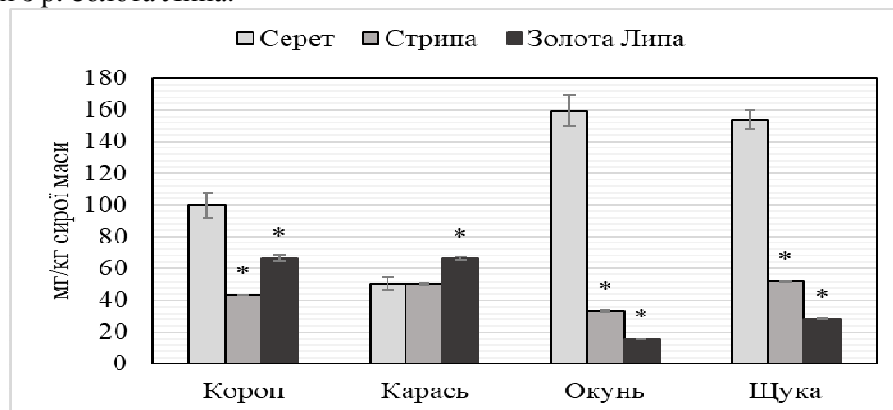


Рис. 11. Вміст Цинку у печінці досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

Що стосується м'язів, то вміст Цинку в цьому органі взагалі найнижчий, порівняно з зябрами та печінкою (рис. 12). Найбільше цього мікроелементу виявлено в м'язах карася з р. Серет, а найменше в коропа з р. Золота Липа. За вмістом Цинку м'язи риб з р. Серет також переважають вивчені види з р. Стрипа та Золота Липа.

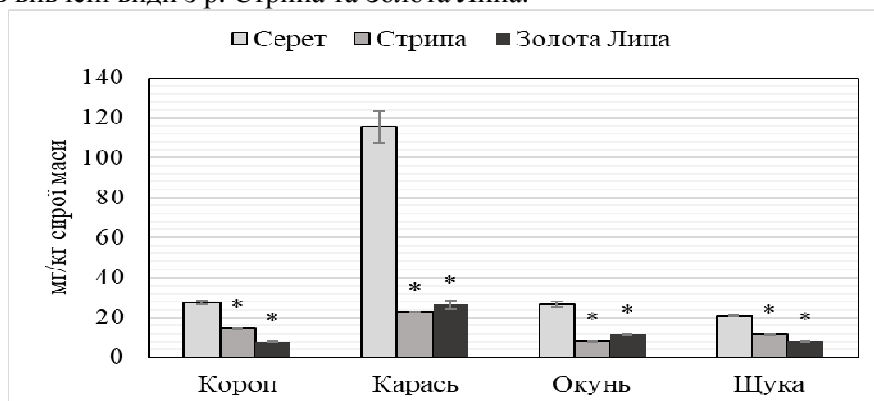


Рис. 12. Вміст Цинку у м'язах досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

Таким чином, вміст Цинку в досліджуваних тканинах риб не тільки найвищий, але він і змінюється в найбільш широких межах, що може свідчити про його активне використання в обмінних процесах. Найвищого значення рівень його накопичення досягає у риб виловлених з р. Серет. Найменша кількість виявлена у зябрах і печінці хижаків із р. Золота Липа та корокових із р. Стрипа. В загальному характер розподілу Цинку у тканинах риб подібний з Кобальтом.

Купрум є металом, який в невеликих кількостях виступає як типовий мікроелемент, а в значних концентраціях — як токсикант [18]. Крім того, змінюючи ступінь окиснення, цей метал бере активну участь в окисно-відновних процесах, які проходять в організмі гідробіонтів [2, 16].

Вміст Купруму в тканинах досліджених видів риб з р. Серет найнижчий (в порівнянні з іншими вивченими металами), в той час як у риб з р. Стрипа та Золота Липа він дещо перевищує вміст Кобальту. Найменше Купруму знайдено в зябрах щуки з р. Серет, а найбільше — в цьому органі у щуки з р. Стрипа (рис. 13).

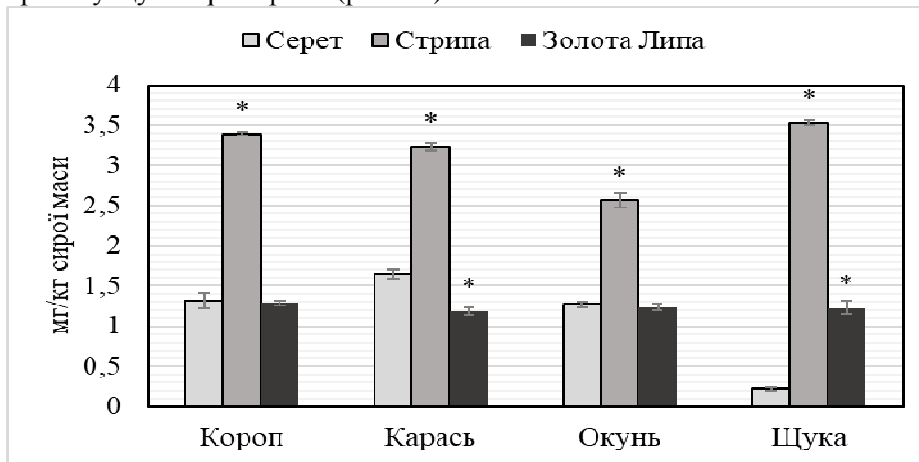


Рис. 13. Вміст Купруму у зябрах досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

За вмістом зазначеного металу виділяється короп з р. Стрипа, де його в 2,6 рази більше, ніж у особин цього ж виду з р. Серет та Золота Липа. Найбільше Купруму накопичується в печінці (рис. 14). Найвищий вміст виявлено в цьому органі у всіх досліджених видів риб, виловлених в р. Стрипа. Цей показник найвищий у щуки, на 12,4% він нижчий у коропа, на 46,6% у карася та на 54,8% у окуня. Найнижча концентрація Купруму знайдена в печінці карася з р. Серет, практично на такому ж рівні вона у карася з р. Золота Липа, а у особин цього виду з р. Стрипа в 3,5 рази вища.

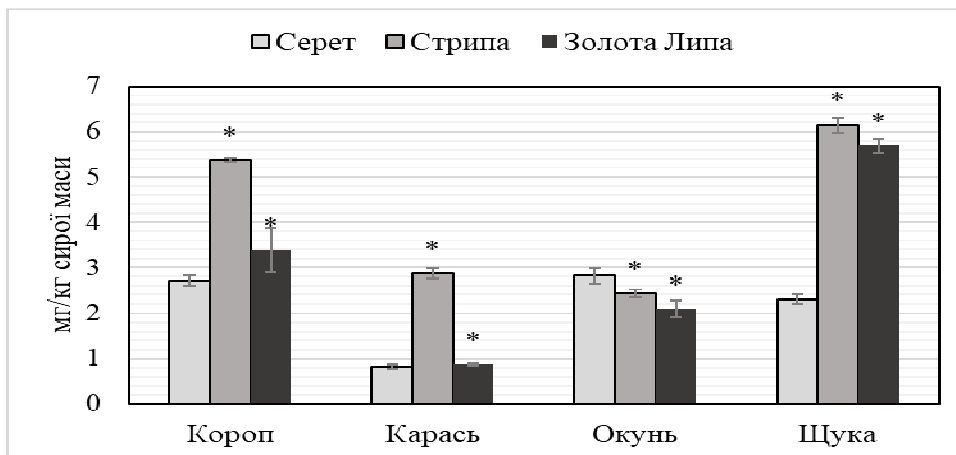


Рис. 14. Вміст Купруму у печінці досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

М'язи досліджуваних видів риб накопичують Купрум меншою мірою, ніж зябра та печінка (рис. 15). Найнижчий показник виявлено в цій тканині у щуки з р. Серет, в той час як у риб цього ж виду з р. Стрипа та Золота Липа він значно вищий (в 15,6 та 7,3 рази відповідно). Найбільше Купруму в м'язовій тканині, як і в печінці, знайдено у всіх досліджених видів риб з р. Стрипа.

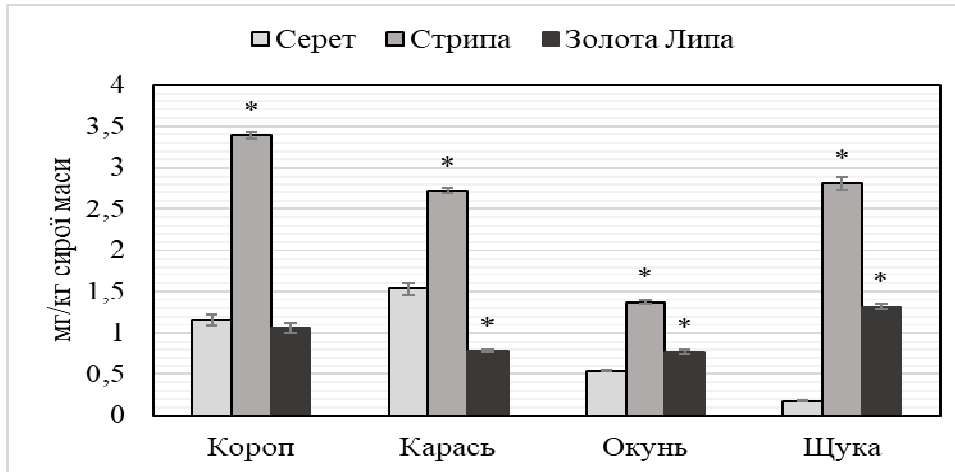


Рис. 15. Вміст Купруму у м'язах досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

Найбільшу кількість акумульованого металу відмічено у риб з р. Стрипа, що, очевидно, пояснюється його вищою біодоступністю для гідробіонтів, порівняно з іншими водотоками. Відомо, що Купрум входить до складу цілої низки ферментів, особливо окисно-відновних. Цей метал бере активну участь в процесах тканинного дихання. Із сказаного видно, що умови існування риб у трьох річках, що досліджувалися, досить різні, що веде до зміни вмісту Купруму в їх тканинах у досить широких межах. Дані зміни, можливо, і забезпечують адаптацію риб до даних умов існування.

Висновки

Загалом відмічено максимальний рівень накопичення Феруму Мангану та Купруму в тканинах риб з р. Стрипа, Кобальту та Цинку у організмі риб із р. Серет. У р. Золота Липа в переважній більшості випадків мало місце акумулювання мінімальної кількості металів тканинами досліджуваних видів риб, що, можливо, обумовлюється низькою біодоступністю металів як для хижих риб, так і бентофагів. Отже, накопичення рибами металів є активним і регульованим тканинно-специфічним процесом, інтенсивність якого залежить як від фізико-хімічних особливостей водного середовища, так і від фізіолого-біохімічної активності організмів гідробіонтів [5, 11].

Забруднення внутрішніх водойм, в тому числі рибогосподарських, є одним із лімітуючих чинників функціонування водних екосистем та їх біопродуктивності. У зв'язку з цим, вивчення фізіолого-біохімічних механізмів адаптації та обмінних процесів у риб в умовах забруднення водних екосистем іонами важких металів є однією з головних умов розробки ефективних засобів та способів підвищення стійкості їх організму до нових умов існування.

1. Аналіз окремих гідрохімічних показників деяких малих річок Західного Поділля / Бияк В. Я., Ляврін Б. З., Хоменчук В. О., Курант В.З. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія.* 2010. № 4 (45). С. 115—121.
2. Воробьев В.И. Микроэлементы и их применение в рыбководстве. М.: Пищевая промышленность, 1979. 183 с.
3. Галичева Е. Е. Егорова М.Н. Влияние микроэлементов кобальта, цинка, молибдена при введении их в корм на рыбководные и физиологические показатели сеголетков карпа. *Индустриальные методы рыбоводства : научн.труды ВНИИРХ.* М., 1972. Вып. 1. С. 46—60.
4. Искра Т. Д. Влияние цинка, марганца и меди на функциональное состояние гибрида пестрого и белого толстолобиков и карпа в раннем онтогенезе в условиях правобережья р. Волги Саратовской

- області : автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. биолог. наук : 03.00.13. Астрахань, 2002. 23 с.
5. Курант В.З. Роль білкового обміну в адаптації риб до дії іонів важких металів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. біол. наук: 03.00.10. К., 2003. – 38 с.
 6. Лакин Г. Ф. Биометрия: учебное пособие для биол. спец. вузов. М.: Высш. шк., 1990. 352с.
 7. Линник П.Н., Набиванец В.И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 270 с.
 8. Мелякина Э. И. Эколого-физиологические особенности видовых адаптаций карповых рыб к низкому уровню микроэлементов в водных экосистемах : автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. биол. наук : 03.00.18. Астрахань, 1984. 19 с.
 9. Никаноров А.М., Жулидов А.В., Покаржевский А.Д. Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 144 с.
 10. Рабченко О.О., Хоменчук В.О., Курант В.З. Ферум у водних екосистемах: форми знаходження, біологічне значення та токсичність для риб. *Наукові записки ТНПУ ім. Володимира Гнатюка. Серія: Біологія*. 2016. №3–4 (67). С. 77–89.
 11. Хоменчук В.О. Біохімічні особливості проникнення і розподілу деяких важких металів в організмі коропа лускатого: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: 03.00.04. – Львів, 2003. – 18 с.
 12. Хухрянский В. Г., Цыганенко А.Я., Павленко Н.В. Химия биогенных элементов. К.: Выща школа. 1990. 207 с.
 13. Bury N. R., Walker P.A., Glover C.N. Nutritive metal uptake in teleost fish. *J. Exp. Biol.* 2003. Vol. 206. P. 11—23.
 14. Calamari D. R. Influences of water hardness on cadmium toxicity to *Salmo gairdneri* Rich. *Water Research*. 1980. Vol. 14. P. 1421—1426.
 15. Clearwater S.J., Baskin S.J., Wood C.M. Gastrointestinal uptake and distribution of copper in rainbow trout. *J. Exp. Biol.* 2000. Vol. 203. P. 2455-2466.
 16. Cousins R. J. Absorption, transport and hepatic metabolism of copper and zinc: special reference to metallothionein and ceruloplasmin. *Physiol. Rev.* 1985. Vol.65. P. 238–309.
 17. Eichenberger E. The interrelation between essentiality and toxicity of metals in the aquatic ecosystem. *Metal ions in biological systems*. New-York and Basel, 1982. Vol.20. P.67-100.
 18. Fish Physiology: Homeostasis and Toxicology of Essential Metals / by Chris M. Wood. Academic Press, 2011. — 520 p.

References

1. Analiz okremykh hidrokhimichnykh pokaznykiv deiakykh malykh richok Zakhidnoho Podillia / Byiak V. Ya., Liavrin B. Z., Khomenchuk V. O., Kurant V.Z. *Naukovi zapysky Ternopil's'koho natsional'noho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Serii: Biolohiia*. 2010. No 4 (45). S. 115—121. (in Ukrainian).
2. Vorob'ev V.I. Mikroelementy i ikh primenenie v rybovodstve. M.: Pishchevaia promyshlennost', 1979. 183 s. (in Russian).
3. Galicheva E. E. Egorova M.N. Vliianie mikroelementov kobal'ta, tsinka, molibdena pri vvedenii ikh v korm na rybovodnye i fiziologicheskie pokazateli segoletkov karpa. *Industrial'nye metody rybovodstva : nauchn.trudy VNShPRKh. M., 1972. Vyp. 1. S. 46—60.* (in Russian).
4. Iskra T. D. Vliianie tsinka, margantsa i medi na funktsional'noe sostoianie gibrida pestrogo i belogo tolstolobikov i karpa v rannem ontogeneze v usloviiakh pravoberezh'ia r. Volgi Saratovskoy oblasti : avtoref. diss. na soiskanie uch. stepeni kand. biolog. nauk : 03.00.13. Astrakhan', 2002. 23 s. (in Russian).
5. Kurant V.Z. Rol' bilkovoho obminu v adaptatsii ryb do dii ioniv vazhkykh metaliv: avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia dokt. biol. nauk: 03.00.10. K., 2003. – 38 c. (in Ukrainian).
6. Lakin G. F. Biometriia: uchebnoe posobie dlia biol. spets. vuzov. M.: Vyssh. shk., 1990. 352c. (In Russian).
7. Linnik P.N., Nabivanets V.I. Formy migratsii metallov v presnykh poverkhnostnykh vodakh. L.: Gidrometeoizdat, 1986. 270 s. (in Russian).
8. Meliakina E. I. Ekologo-fiziologicheskie osobennosti vidovykh adaptatsiy karpovykh ryb k nizkomu urovniu mikroelementov v vodnykh ekosistemakh : avtoref. diss. na soiskanie uch. stepeni kand. biol. nauk : 03.00.18. Astrakhan', 1984. 19 s. (in Russian).
9. Nikanorov A.M., Zhulidov A.V., Pokarzhevskiy A.D. Biomonitoring tiazhelykh metallov v presnovodnykh ekosistemakh. L.: Gidrometeoizdat, 1985. 144 s. (in Russian).

10. Rabcheniuk O.O., Khomenchuk V.O., Kurant V.Z. Ferum u vodnykh ekosystemakh: formy znakhodzhenia, biolohichne znachennia ta toksychnist' dlia ryb. Naukovi zapysky TNPU im. Volodymyra Hnatiuka. Serii: Biolohiia. 2016. No3-4 (67). S. 77-89. (in Ukrainian).
11. Khomenchuk V.O. Biokhimichni osoblyvosti pronyknennia i rozpodilu deiakykh vazhkykh metaliv v orhanizmi koropa luskatoho: avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. biol. nauk: 03.00.04. – L'viv, 2003. – 18 s. (in Ukrainian).
12. Khukhrianskiy V. G., Tsyganenko A.Ia., Pavlenko N.V. Khimiia biogennykh elementov. K.: Vyscha shkola. 1990. 207 s. (in Russian).
13. Bury N. R., Walker P.A., Glover C.N. Nutritive metal uptake in teleost fish. J. Exp. Biol. 2003. Vol. 206. P. 11-23.
14. Calamari D. R. Influences of water hardness on cadmium toxicity to *Salmo gairdneri* Rich. Water Research. 1980. Vol. 14. P. 1421-1426.
15. Clearwater S.J., Baskin S.J., Wood C.M. Gastrointestinal uptake and distribution of copper in rainbow trout. J. Exp. Biol. 2000. Vol. 203. P. 2455-2466.
16. Cousins R. J. Absorption, transport and hepatic metabolism of copper and zinc: special reference to metallothionein and ceruloplasmin. Physiol. Rev. 1985. Vol.65. P. 238-309.
17. Eichenberger E. The interrelation between essentiality and toxicity of metals in the aquatic ecosystem. Metal ions in biological systems. New-York and Basel, 1982. Vol.20. P.67-100.
18. Fish Physiology: Homeostasis and Toxicology of Essential Metals / by Chris M. Wood. Academic Press, 2011. — 520 p.

B.Z. Lyavrin, V.O. Khomenchuk, V.Z. Kurant

Ternopil Volodymyr Hnatyuk National Pedagogical University, Ukraine

THE CONTENT OF IRON, MANGANESE, COBALT, ZINC AND COPPER IN THE ORGANISM OF FISHES FROM RIVERS SERET, STRYPA AND ZOLOTA LYPА

The content of individual metals in carp, crucian carp, perch and pike tissues from small rivers of Western Podillya is investigated. It is shown, that for different metals there are individual patterns of accumulation in different tissues of the organism. However, the general tendencies that determine cellular transformations in fish are: tissue-specific cell localization, due to their morphology, chemical composition and membrane activity; chemical activity of metal ion, especially complexing ability with proteins and low molecular weight metabolites; concentration of ions, which affects the total ionic homeostasis in the organism. The maximum level of accumulation of the Manganese, Iron and Copper in the tissues of fishes from Strypa, Cobalt, and Zinc in the tissues of fishes from Seret river is noted. In the Zolota Lypа river, in the vast majority of cases, accumulation of the minimum amount of metals in tissues of investigated species of fish took place, which may be due to the low bioavailability of metals for both predatory fish and benthophages.

Pollution of internal reservoirs, including fishing, is one of the limiting factors for the functioning of aquatic ecosystems and their bioproductivity. The study of physiological and biochemical mechanisms of accumulation and distribution of metals in fish tissues under conditions of contamination of water ecosystems is one of the main conditions for the development of effective means of increasing the organism's resistance to new conditions of existence.

Key words: Iron, Manganese, Cobalt, Zinc, Copper, accumulation, fish, small rivers

Надійшла 05.12.2018.