

АНАЛІЗ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ВОДІ ТА М'ЯЗАХ КАРАСЯ СРІБЛЯСТОГО (*CARASSIUS GIBELIO*) РІЧКИ САМАРА ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Машкова Кристина Андріївна

аспірант

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,

м. Дніпро, Україна

ORCID: 0000-0002-2986-4895

Tonks1511@gmail.com

Шарамок Тетяна Сергіївна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,

м. Дніпро, Україна

ORCID: 0000-0003-3523-5283

sharamok@i.ua

В роботі висвітлено результати дослідження вмісту важких металів у воді р. Самара та у м'язах карася сріблястого як індикатора придатності водойми для рибогосподарської діяльності. Метою роботи було порівняти вміст важких металів у м'язах шестирічних особин карася сріблястого р. Самара та проаналізувати його взаємозв'язок з рівнем вмісту даних металів у воді.

Басейн р. Самара екологічно є одним з найбільш напружених районів Дніпропетровської області. Високий рівень техногенного навантаження протягом тривалого часу викликав виснаження екосистеми водойми. Дослідження проводили в межах трьох точок з різним типом антропогенного навантаження. Перша точка – с. Хащове, де основним забруднювачем є сільськогосподарське підприємство. Друга точка – в межах м. Новомосковськ, де окрім житлово-комунальних служб забруднювачами є промислові підприємства та заклади відпочинку. В якості третьої дослідної точки було обрано ділянку поблизу с. Новоселівка, де розташовано два рекреаційні заклади.

*Влітку 2019 року проводиться синхронний відбір проб води та риб. Об'єктом дослідження були шестирічні особини обох статей карася сріблястого (*Carassius gibelio*). Показники вмісту важких металів (свинцю, кадмію, цинку, міді, марганцю, нікелю та заліза) у воді р. Самара та м'язах карася сріблястого визначалися в акредитованих лабораторіях відповідно до загальноприйнятих методик методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії на спектрофотометрі С 115 М1. Для визначення рівня біоаккумуляції досліджуваних елементів обчислювали коефіцієнт накопичення важких металів в організмі риби. Аналіз результатів дослідження показав, що вода р. Самара відповідає СОУ-2006 для води рибогосподарського призначення майже за всіма показниками, окрім вмісту кадмію, міді та нікелю. За показником вмісту у воді цинку перевищення ГДК спостерігається лише у межах м. Новомосковськ, що можна пояснити інтенсивним розвитком промислової інфраструктури. Вміст важких металів у м'язах карася не виходив за межі норми.*

Ключові слова: важкі метали, карась сріблястий, коефіцієнт накопичення важких металів.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.2.17>

Вступ. Сьогодні в Україні ми спостерігаємо за скороченням кількості річок та руйнуванням їх екосистем внаслідок антропогенного впливу. Малі річки є початковою ланкою річкової мережі, і всі зміни у їх режимі відображаються на водних організмах не лише вихідної гідроєкосистеми, але й на водоймах, які вони живлять. Серед забруднюючих речовин техногенної природи особливо виділяються важкі метали, кількість яких у водних екосистемах постійно зростає через нераціональне природокористування (Halina et al., 2021).

Деякі важкі метали в організмі риб є регуляторами багатьох фізіологічних та біохімічних процесів. Проте, певні елементи при потрапленні у водойми, є дуже токсичними для гідробіонтів (Khomenchuk et al., 2021). Відомо, що важким металам властива здатність до акумуляції в організмі риб (Syniaieva, 2016). Підвищення концентрації металів у водоймі призводить до високого рівня їх накопичення в організмі гідробіонтів. Збільшення ступеня

концентрації металів в органах та тканинах призводить до зміни процесів синтезу макромолекул, функціонування ферментативних систем (Khomenchuk et al., 2021).

Оскільки риби займають верхній рівень у ланцюгу живлення водних екосистем, вони здатні накопичувати важкі метали. Про екологічний стан водойми та її придатність до рибогосподарської діяльності можна судити за вмістом важких металів у тканинах та органах риб, адже відомо, що дані показники залежать від їх вмісту у воді. Окрім того, зниження якості води у водоймі негативно впливає на вгодваність, розмноження та чисельність популяції (Melnyk, 2012).

Метою нашої роботи було порівняти рівень вмісту важких металів у тканинах шестирічних особин карася сріблястого р. Самара Дніпропетровської області та проаналізувати його взаємозв'язок з рівнем вмісту даних металів у воді.

Матеріали і методи досліджень. Річка Самара є лівим притоком головної водної артерії України – річки Дніпро. В межах Дніпропетровської області вона має сильно роз-

галужене русло із численними заплавами та старицями. У нижній частині своєї течії річка переходить в Самарську затоку, що є частиною Дніпровського водосховища і пов'язує її з р. Дніпро (Mashkova & Sharamok, 2019).

Басейн Самари екологічно є одним з найбільш напружених районів області (рис. 1). Високий рівень техногенного навантаження протягом тривалого часу викликав виснаження екосистеми водойми. Вздовж всієї течії річки у неї скидають зворотні води численні підприємства різних напрямків промисловості, в тому числі гірничо-добувної, металургійної та сільськогосподарської галузей. В результаті, для Самари характерними є високий рівень мінералізації, а також перевищення ГДК за такими показниками як вміст хлоридів, сульфатів, зв'язаних речовин, заліза (Maksymova & Shevchenko, 2020).

Для дослідження було обрано три точки з різним рівнем антропогенного навантаження. Перша точка – с. Хащове, де основним забруднювачем є сільськогосподарське підприємство. Друга точка – в межах м. Новомосковськ, де окрім житлово-комунальних служб забруднювачами є промислові підприємства та заклади відпочинку. В якості третьої дослідної точки було обрано ділянку поблизу с. Новоселівка, де розташовано два рекреаційні заклади.

Влітку 2019 року проводився синхронний відбір проб води та риби. Об'єктом дослідження були шестирічні особини обох статей карася сріблястого (*Carassius gibelio*). Показники вмісту важких металів (свинцю, кадмію, цинку, міді, марганцю, нікелю та заліза) у воді р. Самара та м'язах карася сріблястого визначалися в акредитованих лабораторіях відповідно до загальноприйнятих методик (Puryshev, 2014) методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії на спектрофотометрі С 115 М1. Для визначення рівня біоаккумуляції досліджуваних елементів обчислювали коефіцієнт накопичення важких металів в організмі риби (Khaustov, 2018). Для визначення достовірності різниці даних між окремими дослідними точками використовували критерій Стьюдента (Chmylenko et al., 2012). Обробка результатів здійснювалася за допомогою програми Excel.

Результати. Продуктивність та фізіологічний стан кожного окремого виду залежать від якості середовища існування. Забруднювачі, які потрапляють у водойми, створюють серйозні проблеми, призводячи до значної шкоди життєдіяльності водних організмів і навіть їх масо-

вій загибелі (Sytnyk, 2009). Важкі метали стають токсичними, якщо вони не виводяться організмом і накопичуються в м'яких тканинах (Baby, 2010).

Свинець та його сполуки є обов'язковими компонентами поверхневих вод і значною мірою впливають на якість та функціонування водойми. Більшість цих сполук виявляють мутагенні та канцерогенні властивості (Humeniuk, 2002). Свинець потрапляє у річки зі стічними водами металургійних та хімічних підприємств, а також внаслідок спалювання вугілля (Stanko, 2012). Концентрація свинцю у воді р. Самара знаходилася у межах норми (рис. 2). Проте поблизу с. Хащове вона була на 9,1 % вищою за даний показник поблизу с. Новоселівка та на 2,3 % вище за показник поблизу м. Новомосковськ ($p \geq 0,05$).

У природі кадмії зустрічається переважно у цинкових та свинцевих рудах. У водойми він часто потрапляє у складі промислових стоків свинцево-цинкових заводів, підприємств хімічної промисловості, рудозбагачувальних фабрик, металургійних заводів (Stanko, 2012). У водах р. Самара вміст кадмію перевищував ГДК у досліджуваних точках на 80 % у с. Хащове та м. Новомосковськ, та на 60 % у селі Новоселівка. Достовірної різниці між показниками виявлено не було.

За рівнем концентрації у поверхневих прісних водах цинк посідає друге місце після мангану. Основним джерелом надходження цинку у водойми є процеси руйнування гірських порід. Оскільки цинк – біогенний метал, він активно засвоюється водними рослинами, беручи участь у процесах фотосинтезу (Prokorchuk & Hrubinko, 2016). Максимальний вміст цинку спостерігався поблизу міста Новомосковськ (0,016 мг/л), що перевищувало ГДК для води рибогосподарських водойм в 1,6 разів. Концентрація цинку у воді р. Самара в інших дослідних ділянках була у межах граничних концентрацій (с. Новоселівка) та перевищувала ГДК в 1,1 рази (с. Хащове). Спостерігалась достовірна різниця між вмістом цинку у воді р. Самара в різних точках спостереження. Так, концентрація цього елемента була значно меншою на 31 % та 43 % відповідно поблизу с. Хащове та с. Новоселівка порівняно з ділянкою біля м. Новомосковськ.

Мідь, як метал, що є природною складовою водного середовища, завжди присутня в малих концентраціях у воді (Prokorchuk & Hrubinko, 2016). Концентрація міді



Рис. 1. Акваторія р. Самара, Дніпропетровська область

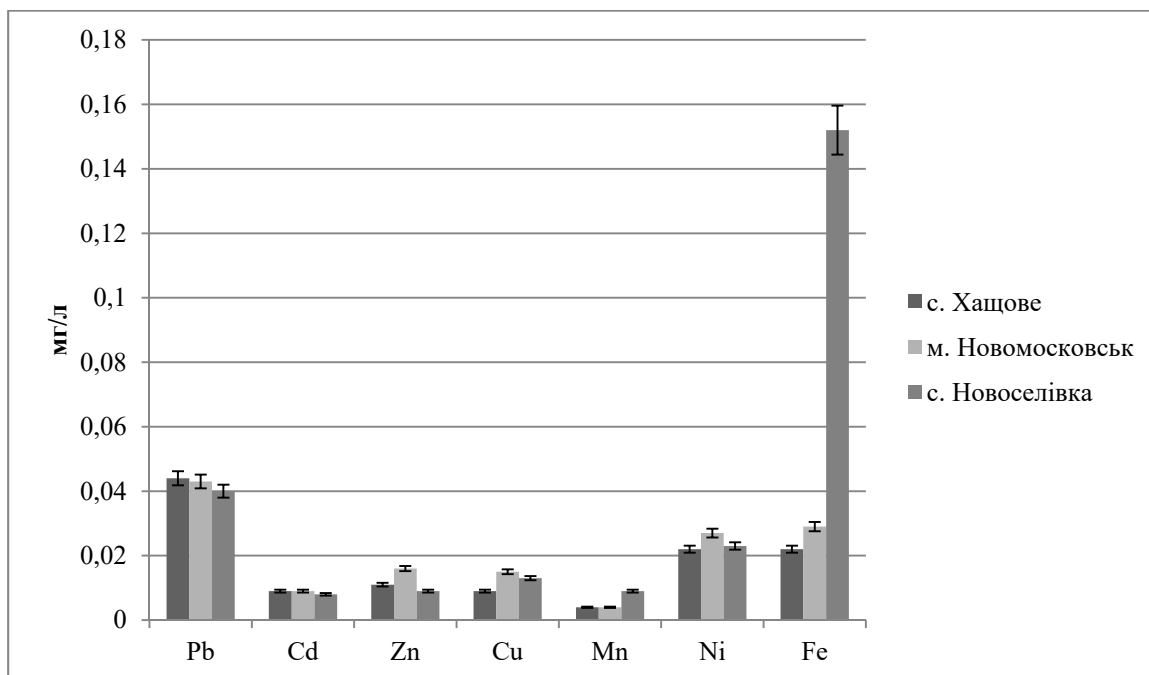


Рис. 2. Вміст важких металів у воді р. Самара, $M \pm m$, $n = 5$

у досліджуваній водоймі перевищувала ГДК по всім дослідним точкам: у с. Хащове в 9 разів, у м. Новомосковськ в 15 разів і у с. Новоселівка в 13 разів. Мінімальний вміст міді спостерігався у воді р. Самара поблизу с. Хащове та був нижчим на 31–40 % порівняно з іншими точками ($p \leq 0,05$).

Манган належить до біологічно активних металів. Він бере участь у реакціях фотолізу води а також у процесах фотосинтезу. Основними джерелами надходження мангану у водойму є залізомарганцеві руди, стічні води металургійних заводів, підприємств хімічної промисловості, шахтні води тощо. Також одним із джерел надходження мангану виступають органічні рештки, що залишаються після відмирання водних організмів та вищих водних рослин (Kolesnyk, 2012). Вміст мангану у воді р. Самара знаходився у межах ГДК. Максимальна концентрація його спостерігалася поблизу м. Новомосковськ та була достовірно вищою (в 2,25 рази) порівняно з іншими ділянками.

Нікель у природних умовах є малопоширеним металом і зустрічається здебільшого у вигляді сполук з арсеном і сіркою. Основним джерелом надходження нікелю у природні води є спалювання дизельного пального, стічні води цехів нікелювання, заводів синтетичного каучуку, підприємств хімічної і вугільної промисловості. За рахунок споживання даного металу водними організмами та включення його в колообіг речовин, концентрація нікелю може знижуватися при збільшенні рівня рН в результаті випадання в осад ціанідів, сульфідів, карбонатів або гідроксидів (Prokorchuk, Hrubinko, 2016). Концентрація нікелю у воді р. Самара перевищувала ГДК в 2,2 рази у с. Хащове, у 2,7 рази у м. Новомосковськ та у 2,3 рази у с. Новоселівка (0,023 мг/л). Різниця між точками не була достовірною.

Ферум є одним з найбільш поширених елементів, але через низьку міграційну здатність концентрація даного

металу в природних водах надзвичайно мала. Він відіграє важливу роль у життєдіяльності гідробіонтів, значною мірою засвоюється ними. Нестача заліза може викликати ряд захворювань або призвести до смерті (Rabcheniuk, 2016). До природних процесів надходження сполук феруму в поверхневій воді належить, в першу чергу, хімічне вивітрювання гірських порід. Значна його кількість надходить у водойми з підземним стоком, із виробничими та сільськогосподарськими стічними водами (Prokorchuk & Hrubinko, 2016). Вміст заліза у воді в досліджуваних точках не перевищував ГДК. Проте найбільшим даний показник був у с. Новоселівка і становив 0,15 мг/л. в інших точках цей показник був нижчим на 81–86 %.

Значний антропогенний вплив на водне середовище сьогодні актуалізує проблему виживання гідробіонтів в умовах стресу, що викликані накопиченням токсичних речовин в організмі риби (Khomenchuk et al., 2020).

До токсичних елементів, концентрація яких у рибі підлягає контролю, відноситься свинець та кадмій, через свою високу токсичну дію на організм (Kolesnyk, 2012). Вміст свинцю у м'язах карася сріблястого не перевищував гранично допустиму концентрацію для продукту харчування (табл. 1). Але зазначимо, що найвищою концентрація свинцю була у м'язах риби з с. Хащове, у риб з інших досліджуваних ділянок концентрація цього елемента була значно нижчою на 21–36 %.

Вміст кадмію у досліджуваних точках знаходився у межах норми та був майже однаковим у одновікових особин карася з різних ділянок р. Самара ($p \geq 0,05$).

Концентрація цинку у м'язах карася сріблястого р. Самара не перевищувала ГДК. Найменшим вміст цинку був у м'язах карася з с. Хащове. У рибі, що вилучена поблизу м. Новомосковськ та с. Новоселівка даний показник був, відповідно, на 12,6 % та 23 % більше.

Вміст важких металів у м'язах карася сріблястого р. Самара, мг/кг, $M \pm m$, $n = 5$

Метал	с. Хащове	м. Новомосковськ	с. Новоселівка
Pb	0,47 ± 0,01	0,30 ± 0,01	0,37 ± 0,004
Cd	0,04 ± 0,002	0,037 ± 0,0	0,04 ± 0,001
Zn	11,27 ± 0,05	12,69 ± 0,03	13,86 ± 0,02
Cu	0,82 ± 0,01*	0,71 ± 0,01	0,65 ± 0,02*
Mn	0,38 ± 0,01*	0,20 ± 0,01*	0,22 ± 0,01*
Ni	0,11 ± 0,01*	3,08 ± 0,03*	0,18 ± 0,01*
Fe	15,98 ± 0,02*	19,73 ± 0,01*	7,09 ± 0,02*

* – різниця між показниками достовірна при $p \leq 0,05$

Концентрація міді у м'язах карася сріблястого р. Самара знаходилася у межах допустимої норми. Найменшим даний показник був у риб, що вилучені поблизу с. Хащове. У м'язах карася сріблястого з м. Новомосковськ та с. Новоселівка даний показник був нижчим, відповідно, на 13,4 % та 20,7 %.

Вміст мангану у м'язах карася сріблястого р. Самара в усіх досліджуваних точках знаходився у межах фізіологічних норм. При цьому спостерігалась достовірна різниця між показниками концентрації цього елемента в м'язах риб, які були вилучені з різних ділянок річки та становила 42–47 %.

Концентрація нікелю у м'язах досліджуваної риби була найвищою у м. Новомосковськ. У двох інших дослідних точках вміст його був нижчим на 94–96 %.

Концентрація заліза у м'язах риби також не перевищувала норму і була максимальною у риб з точки м. Новомосковськ. Трохи нижча його концентрація спостерігалась у риб, що вилучені поблизу с. Хащове та значно нижче порівняно з цими точками у межах с. Новоселівка на 64 % та 56 % відповідно.

У зв'язку з тим, що іони важких металів не руйнуються в природних умовах, а мають здатність до накопичення в складових екосистеми, особливою уваги потребує вивчення акумуляції цих токсикантів водними організмами та їх вплив на процеси метаболізму риб (Kurant et al., 2011).

Для оцінки рівня біоаккумуляції важких металів (табл. 2) у м'язах карася сріблястого використовували коефіцієнт біологічного накопичення (Kolesnyk, 2011).

Згідно досліджень, слабкий ступінь накопичення в усіх дослідних точках мають свинець та кадмій. Також слабкий ступінь накопичення в межах м. Новомосковськ та с. Новоселівка було виявлено для міді. Поблизу м. Новомосковськ показник накопичення мангану становив

помірний рівень. В межах с. Хащове даний показник для зазначених металів був на помірному рівні. Для нікелю ступінь накопичення металу в м'язах риби знаходився на низькому рівні у с. Хащове та с. Новоселівка. В межах с. Хащове даний показник був на 35 % нижчим ніж у с. Новоселівка. Поблизу м. Новомосковськ ступінь накопичення нікелю знаходився на помірному рівні.

За вмістом заліза слабкий рівень накопичення спостерігався у межах с. Новоселівка. В інших точках даний показник у м'язах карася сріблястого знаходився на високому рівні і у с. Хащове був на 5,8 % вищим, ніж у м. Новомосковськ. Надвисокий ступінь накопичення спостерігався за цинком у межах с. Хащове та с. Новоселівка. У межах м. Новомосковськ рівень концентрації даного металу в організмі риби знаходився на високому рівні.

Для свинцю різниця була достовірною між показником коефіцієнта накопичення у с. Хащове – м. Новомосковськ та м. Новомосковськ – с. Новоселівка. Для кадмію у с. Хащове – с. Новоселівка та м. Новомосковськ – с. Новоселівка. За показником коефіцієнта накопичення міді різниця була достовірною у точках с. Хащове – м. Новомосковськ та с. Хащове – с. Новоселівка. Для заліза в межах с. Хащове – с. Новоселівка та м. Новомосковськ – с. Новоселівка. Для цинку, нікелю та мангану різниця була достовірною в усіх дослідних точках.

Обговорення. Відомо, що риби чутливо реагують на зміну умов існування. Тому вони є гарним тестовим об'єктом для визначення зміни біологічних, екологічних та фізіологічних параметрів екосистеми (Sytnyk et al., 2009).

Більшість корокових риб, в тому числі і карась сріблястий, є надзвичайно розповсюдженими у прісних водоймах регіону. Завдяки своїй здатності пристосовуватися до екологічних умов середовища, даний вид має

Таблиця 2

Коефіцієнт накопичення важких металів у м'язах карася сріблястого р. Самара

Метал	с. Хащове	м. Новомосковськ	с. Новоселівка
Pb	10,73 ± 0,53*	6,90 ± 0,26**	9,42 ± 0,61*
Cd	4,42 ± 0,2*	4,10 ± 0,11*	5,26 ± 0,19**
Zn	1024,81 ± 18,95*	815,44 ± 19,38*	1547,78 ± 52,56*
Cu	89,19 ± 3,08**	46,57 ± 2,91*	48,84 ± 1,25*
Mn	100,55 ± 1,00*	51,46 ± 2,70*	22,34 ± 1,56*
Ni	5,24 ± 0,21*	120,49 ± 2,51*	8,06 ± 0,21*
Fe	718,02 ± 29,17*	676,47 ± 10,74*	46,73 ± 1,06**

* – різниця між показниками достовірна при $p \leq 0,05$

високу стійкість до впливу пригнічуючих факторів. Проте зазначимо, що за умови постійного забруднення водойми, карась сріблястий піддається хронічній інтоксикації. Це, в свою чергу, впливає на його фізіологічний стан (Yesipova & Sharamok, 2022).

Рівень накопичення важких металів в органах та тканинах риб залежить від таких факторів, як геохімічні параметри середовища, функціональний стан організму, джерела харчування тощо. При підвищенні концентрації важких металів ріст та розвиток організму спочатку зростає, але з часом знижується рівень синтезу біологічно-активних речовин, продуктивність, здатність до розмноження (Sytnyk et al., 2009).

Кадмій є одним з найбільш токсичних металів для гідробіонтів. Його нагромадження в організмі негативно впливає на репродуктивну та кровотворну функції (Kurant, 2006). Сполуки свинцю при потрапленні в організм коропових видів зміщують азотистий обмін риб у бік посилення катаболізму білків, що спричиняє зниження маси тіла, загальне виснаження (Dudnyk & Yevtushenko, 2013). Аналізуючи результати дослідження бачимо, що вміст кадмію та свинцю є досить високим, хоч і знаходиться у межах норми. Оскільки карась сріблястий займає одне з провідних місць у промислових виловах водойм регіону (Fedonenko et al., 2015), дана тенденція викликала б певні занепокоєння. Проте дані дослідників свідчать, що саме в м'язах і гонадах відкладається найменша кількість даних важких металів, тому вони не є небезпечними для людини (Olifirenko, 2012).

Відомо, що нікель бере активну участь у біологічних процесах. Згідно досліджень, тривале надходження нікелю в організми риби може призвести до несприятливих біологічних наслідків (Hrytsyniak et al., 2009). Зокрема, в межах дослідних точок спостерігалися високі показники вмісту нікеля в м'язах риби, що може мати такі наслідки як затримка у рості, збільшення рівня смертності, виникнення патологій.

В живих організмах вміст цинку є досить високим. У тканинах риб він утворює комплекси з білками, амінокислотами, пуриновими основами та нуклеїновими кислотами. Велика кількість білків, що містять цинк, є ферментами, наприклад протеаза, глутаматдегідрогеназа, протеїназа (Kurant, 2011). Іони цинку, діючи на ферменти прямо або опосередковано, можуть змінювати процес метаболізму та його інтенсивність. У випадку нестачі цинку в організмі риб відбувається порушення синтезу білків, мінерального обміну, росту та життєдіяльності певних органів та тканин (Kurant & Khomenchuk, 2019). В умовах р. Самара концентрація цинку в м'язах карася сріблястого не виходила за межі граничних значень.

Мідь бере участь у біохімічних реакціях в організмі риб. Зокрема, стимулює синтез гемоглобіну, прискорює дозрівання ретикулоцитів, бере участь в окисно – відновних процесах та газообміні (Kurant, 2006). Надмірна її концентрація в організмі веде до патологічних змін у гепатопанкреасі коропових риб (Stoliar, 2001). Манган потрапляє в організм риб через зябра і кишківник, а рівень абсорбції його з води є достатньо високим. Він значною мірою впливає на функціонування печінки і в основному

відкладається саме там, тому у м'язах його концентрація зазвичай невисока (Oleksiienko et al., 2008). Аналізуючи результати досліджень можна зазначити, що концентрація міді та мангану у м'язах карася сріблястого з усіх дослідних точок не перевищувала норми.

Інтенсивне акумулювання заліза у тканинах може становити потенційну небезпеку навіть за незначного зростання концентрації металу у воді. Це пояснюється тим, що біологічна функція металів в організмі риб здійснюється при низьких концентраціях, а зависоке їх акумулювання може призвести до отруєння і смерті (Rabcheniuk, 2016). Перевищення гранично допустимих значень концентрації заліза у м'язах досліджуваної риби в межах р. Самара не спостерігали.

В умовах інтенсивного антропогенного впливу на екосистему річки актуальним та таким, що має велике практичне значення, є питання надходження важких металів у водойму та їх накопичення гідробіонтами (Dvoretzkyi, 2021). З цією метою застосовували коефіцієнт біологічного накопичення, що показує співвідношення між концентрацією токсичних речовин у воді та організмі риби. Отримані дані показали задовільний результат майже по всім досліджуваним показникам, окрім цинку та заліза. Результатом цього є перспектива подальшого накопичення даних металів в організмі риби, що може призвести до порушення процесів метаболізму, інтоксикації, патологій розвитку та роботи певних органів.

Висновки. Аналізуючи результати дослідження вмісту важких металів у воді р. Самара можна зазначити, що концентрація свинцю, мангану та заліза у воді р. Самара знаходилася у межах норми. Проте найвищими показником вмісту свинцю був поблизу с. Хащове, мангану у м. Новомосковськ, а заліза у с. Новоселівка. Вміст кадмію у воді р. Самара перевищував ГДК у досліджуваних точках на 80 % у с. Хащове та м. Новомосковськ, та на 60 % у с. Новоселівка. Концентрація міді у досліджуваній водоймі перевищувала ГДК по всім дослідним точкам: у с. Хащове в 9 разів, у м. Новомосковськ в 15 разів і у с. Новоселівка в 13 разів. Концентрація нікелю у воді р. Самара перевищувала ГДК у 2,2 рази у с. Хащове, у 2,7 рази у м. Новомосковськ та у 2,3 рази у с. Новоселівка.

Вміст цинку поблизу м. Новомосковськ та с. Хащове був вищим за ГДК для води рибогосподарських водойм в 1,6 та 1,1 разів відповідно. Концентрація цинку у воді р. Самара в с. Новоселівка була у межах граничних концентрацій. Аналіз вмісту важких металів у м'язах карася сріблястого показав, що концентрація свинцю, кадмію, цинку, міді, мангану та заліза не перевищувала гранично допустиму концентрацію для продукту харчування. Відомо, що нікель бере активну участь у біологічних процесах. Концентрація нікелю у м'язах досліджуваної риби була найвищою у м. Новомосковськ. У двох інших дослідних точках вміст його був нижчим на 94–96 %, що може призвести до несприятливих біологічних наслідків, таких як затримка у рості, збільшення рівня смертності, виникненню патологій. Згідно досліджень, слабкий ступінь накопичення в усіх дослідних точках мають свинець, мідь та кадмій. Також слабкий ступінь накопичення було вияв-

лено для заліза у межах с. Новоселівка. В інших точках даний показник у м'язах карася сріблястого знаходився на високому рівні. Надвисокий ступінь накопичення спостерігався за цинком у межах с. Хашове та с. Новоселівка. Аналізуючи результати дослідження бачимо, що вода р. Самара відповідає СОУ-2006 для води рибогосподар-

ського призначення майже за всіма показниками, окрім вмісту кадмію, міді та нікелю. За показником вмісту у воді цинку перевищення ГДК спостерігається лише у межах м. Новомосковськ, що можна пояснити інтенсивним розвитком промислової інфраструктури. Вміст важких металів у м'язах карася не виходив за межі норми.

Бібліографічні посилання:

1. Chmylenko F. O., Smitiuk N. M., Chmylenko T. S. (2012). *Metodychni vказivky do statystychnoi obrobky rezultativ eksperymentu v analitychnii khimii* [Methodical guidelines for statistical processing of experimental results in analytical chemistry]. Dnipropetrovsk RVV DNU. Templan (in Ukrainian). 27 (in Ukrainian)
2. Dudnyk S.V., Yevtushenko M.Iu. (2013) *Vodna toksykologhiia: osnovni teoretychni polozhennia ta yikhnie praktychne zastosuvannia* [Aquatic toxicology: basic theoretical provisions and their practical application]. K.: Publication of the Ukrainian phytosociological center, 40–41 (in Ukrainian).
3. Dvoretzkyi A.I., Rozhkov V.V., Baidak L.A. (2021). *Nakopychennia radionuklidiv prysnovodnymy roslynamy i tvarynamy* [Accumulation of radionuclides by freshwater plants and animals]. Dnipro DAEU, Dnipro, 250–253 (in Ukrainian)
4. Fedonenko O.V., Yesipova N.B., Marenkov O.M., Sharamok T.S. *Kontsepsiia rozvytku rybnoho hospodarstva Dnipropetrovskoi oblasti na nastupni piat rokiv* [The concept of the development of fisheries in the Dnipropetrovsk region for the next five years]. Fisheries Science of Ukraine, 1, 16–25 (in Ukrainian).
5. Hrytsyniak, I. I., Lytvynova, T. H., & Kolesnyk, N. L. (2009). *Sposib prohnozuvannia kontsentratsii Fe, Mn, Ni, Co u orhanakh i tkanynakh koropa ta tovtoloba* [Method for predicting concentrations of Fe, Mn, Ni, Co in organs and tissues of carp and silver carp]. Kiev. Rybohospodarska nauka Ukrainy, 11–14 (in Ukrainian).
6. Humeniuk H, Khomenchuk V, Harmatiy N, Chen I. (2021). *Complex Assessment and Forecasting of Chemical Pollution of Small Rivers by Economic and Mathematical Modelling Methods*. *Chen. Geol. Geograph. Geoecology*, 30(3), 460–469.
7. Humeniuk, H. B. (2002). *Rozpodil svyntsiu v biotychnykh ta abiotychnykh komponentakh hidroekosystemy* [Distribution of lead in biotic and abiotic components of the hydroecosystem]. *Zaporizhzhia. Aktualni pytannia biolohii, ekolohii ta khimii*, 206–211 (in Ukrainian).
8. Joseph Baby, Justin S. Ray, Edwin T. Biby, P. Sankarganesh, M. V. Jeevitha, S. U. Ajisha and Sheeja S. Rajan (2010). *Toxic effect of heavy metals on aquatic environment*. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4(4), 939–952. Access mode: <http://ajol.info/index.php/ijbcs>
9. Khaustov A. P. (2018). *Ekolohichniy monitorynh* [Environmental monitoring]. Access mode: <https://stud.com.ua/135928/ekologiya/bioakumulyatsiya> (in Ukrainian).
10. Khomenchuk V. O., Liavrin B. Z., Rabcheniuk O. O., Kurant V. Z. (2020). *Lipidnyi obmin v orhanizmi ryb za dii chynnykiv otokhuiuchoho vodnoho seredovyscha* [Lipid metabolism in the body of fish under the influence of factors of the surrounding water environment]. *Scientific notes of the Ternopil National Pedagogical University named after Volodymyr Hnatyuk. Ser. Biology*, 126–139 (in Ukrainian).
11. Khomenchuk, V. O., Rabcheniuk, O. O., Lohinov, S. O., & Kurant, V. Z. (2021). *Osoblyvosti nakopychennia ta rozpodilu okremykh metaliv u tkanynakh ryb za umov pidvyshchenoho vmistu ioniv Fe³⁺ u vodnomu seredovyschi* [Features of accumulation and distribution of individual metals in fish tissues under conditions of high content of Fe³⁺-ions in the aquatic environment]. *Ternopil. Biology series*, 175–178 (in Ukrainian).
12. Khomenchuk, V. O., Senyk, Yu. I., & Kurant, V. Z. (2021). *Osoblyvosti transportuvannia tsynku i kadmiu cherez membrany erytrotsyiv za dii pidvyshchenykh kontsentratsii yikh ioniv u vodi* [Features of zinc and cadmium transport through erythrocyte membranes under the action of high concentrations of their ions in water]. *Ternopil. Biology series*, 31–38 (in Ukrainian).
13. Kolesnyk, N. L. (2011). *Rozpodil vazhkykh metaliv u lankakh hidro ekosystemy staviv za intensyvnoi tekhnolohii vyroshchuvannia ryby* [Distribution of heavy metals in the hydro ecosystem of ponds by intensive technology of fish farming]. *Kiev. Rybohospodarska nauka Ukrainy*, 105–111 (in Ukrainian).
14. Kolesnyk, N. L. (2012). *Vplyv vazhkykh metaliv na kharchovu tsinnist koropa i tovtolobyka v umovakh intensyvnoho vyroshchuvannia* [Influence of heavy metals on the nutritional value of carp and silver carp in conditions of intensive cultivation]. *Kiev. Rybohospodarska nauka Ukrainy*, 100–104 (in Ukrainian).
15. Kurant, V. Z. (2006). *Uchast aminokyslot ta bilkiv u formuvanni stiikosti ryb do dii vazhkykh metaliv* [Participation of amino acids and proteins in the formation of fish resistance to heavy metals]. *Ternopil. Biology series*, 128–138 (in Ukrainian).
16. Kurant, V. Z. (2011). *Shliakhy pronyknennia ta vmist vazhkykh metaliv v orhanizmi ryb (ohliad)* [Ways of penetration and content of heavy metals in the body of fish (review)]. *Science zap Ternopil national ped. university Ser. Biol.*, 2 (47), 263–269 (in Ukrainian).
17. Kurant, V. Z., Khomenchuk V. O. (2019). *Vplyv ioniv manhanu, tsynku kuprumu ta plumbumu na vmist vilnykh aminokyslot v orhanizmi koropa* [The effect of manganese, zinc, copper, and lead ions on the content of free amino acids in the body of carp]. *Science zap Ternopil national ped. university Ser. Biol.*, 1, 28–42 (in Ukrainian).
18. Maksymova, N. M. & Shevchenko, I. O. (2020). *Ekolohichna otsinka vody richky Samara za katehoriiami* [Ecological assessment of Samara river water by categories]. *Dnipro. DDAEU* (in Ukrainian), 53–55.
19. Mashkova, K. A., & Sharamok, T. S. (2019). *Morfometrychni pokaznyky karasia sribliastoho (Carassius Gibelio (Bloch, 1782) r. Samara Dnipropetrovskoi oblasti v umovakh antropohennoho navantazhennia* [Morphometric parameters

of silver carp (*Carassius gibelio* (Bloch, 1782) by Samara river in Dnipropetrovsk region under anthropogenic pressure]. Dnipro. Aktsent PP, 138–141 (in Ukrainian).

20. Melnyk, A. P., Vlasova, N. M., Mykhailenko, N. H. & Hurbyk, O. B. (2012). Vydovi osoblyvosti rozpodilu ta nakopychennia vazhkykh metaliv v orhanakh i tkanyakh liashcha (*Abramis Brama* L.) ta karasia sribliastoho (*Carassius Auratus* L.) Kanivskoho vodoshkovyshcha [Species features of distribution and accumulation of heavy metals in the organs and tissues of bream (*Abramis Brama* L.) and silver carp (*Carassius Auratus* L.) of Kaniv Reservoir]. Kiev. Rybohospodarska nauka Ukrainy, 22–26 (in Ukrainian).

21. Oleksienko, N. V., Melnyk, A. P. & Sydorov, M. A. (2008). Vmist vazhkykh metaliv u tkanyakh ta orhanakh kanalnoho soma [The content of heavy metals in the tissues and organs of the channel catfish]. Kiev. Rybohospodarska nauka Ukrainy, 15–18 (in Ukrainian).

22. Olifirenko V.V., Rachkovskiy A.V. & Volichenko Yu.M. (2012). Osoblyvosti rozpodilu vazhkykh metaliv u orhanizmi koropovykh ryb Dniprovsko-Buzkoho estuariu [Peculiarities of the distribution of heavy metals in the body of carp fish of the Dnieper-Buzka estuary]. Taurian scientific bulletin No. 81, 341–343 (in Ukrainian).

23. Prokopchuk, O. I. & Hrubinko, V. V. (2016). Vazhki metaly u malykh richkakh Ternopilshchyny z riznym rivnem antropichnoho navantazhennia [Heavy metals in small rivers of Ternopil region with different levels of anthropic load]. Dnipro. Aktsent PP. Bioloheia, ekoloheia, 173–181 (in Ukrainian).

24. Pupyshev A. A. (2014) Atomno-absorbtsiyni spektralnyi analiz [Atomic absorption spectral analysis]. M. : Technosphere, 75 (in Ukrainian).

25. Rabcheniuk, O. O. (2016). Ferum u vodnykh ekosystemakh: formy nadkhodzhennia, biolohichne znachennia ta toksychnist dlia ryb [Iron in aquatic ecosystems: forms of entry, biological significance and toxicity to fish]. Ternopil, Biology series, 77–89 (in Ukrainian).

26. Stanko, O. M. (2012). Vazhki metaly u vodi: zabrudnennia richky Dnister za ostanni 10 rokov (terytorii Lvivskoi oblasti) [Heavy metals in water: pollution of the Dniester River over the past 10 years (Lviv region)]. Kyiv. Medicine of Ukraine. Ukrainian journal of modern toxicological aspects (in Ukrainian).

27. Stoliar, O.B. (2001) Okysniuvalna modyfikatsiia bilkiv hepatopankreasu i plazmy krovi koropa za intoksykatsii vazhkymy metalamy [Oxidative modification of carp hepatopancreas and blood plasma proteins following heavy metal intoxication]. Science zap Ternopil national ped. university Ser. Biol., 44–49 (in Ukrainian).

28. Syniaieva, N. P., Dudarieva, H. F. & Khimii, A. O. (2016). Doslidzhennia vmistu vazhkykh metaliv u zlyvovykh vodakh [Study of heavy metals in stormwater]. Zaporizhzhia: Aktualni pytannia biolohii, ekolohii ta khimii, 82–89 (in Ukrainian).

29. Sytnyk, Yu. M., Shevchenko, P. H. & Oleksienko, N. V. (2009). Ekoloho-toksykologichni doslidzhennia ozernykh ekosystem Shatskoho natsionalnoho pryrodnoho parku. Vazhki metaly v orhanakh ta tkanyakh ryb (molod ryby riznykh vydiv) [Ecological and toxicological studies of lake ecosystems of Shatsk National Nature Park. Heavy metals in the organs and tissues of fish (young fish of different species)]. Notes in Current Biology, Lutsk, 325–328 (in Ukrainian).

30. Yesipova N. B., Sharamok T. S. (2022). Adaptatyvni zminy v klitynakh krovi ryb v umovakh khronichnoi intoksykatsii [Adaptive changes in fish blood cells under conditions of chronic intoxication]. Sumy National Agrarian University, 58–65 (in Ukrainian).

Mashkova K.A., PhD student, Dnipro National University named after Oles Honchar, Dnipro, Ukraine

Sharamok T.S., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

Analysis of heavy metal content in water and muscles of crucian carp (*Carassius gibelio*) in the Samara river of the Dnipropetrovsk region

The paper highlights the results of the study of the content of heavy metals in the water of the Samara River and in the muscles of the silver carp as an indicator of the suitability of the reservoir for fishery activities.

The aim of the study was to compare the level of heavy metals in the muscles of six-year-old crucian carp in the Samara River and to analyze its relationship with the level of these metals in water.

The Samara River Basin is ecologically one of the most stressful areas in the Dnipropetrovsk region. The high level of man-made load for a long time caused the depletion of the reservoir ecosystem.

The research was conducted within three points with different types of anthropogenic load. The first point – village Khashcheve, where the main polluter is an agricultural enterprise. The second point is within the city of Novomoskovsk, where in addition to housing and communal services, the pollutants are industrial enterprises and recreation facilities. The area near the village Novoselivka was chosen as the third research point. Novoselivka, where two recreational facilities are located.

*In the summer of 2019, synchronous sampling of water and fish was conducted. The object of the study were six-year-old individuals of both sexes of the silver carp (*Carassius gibelio*). Indicators of heavy metals (lead, cadmium, zinc, copper, manganese, nickel and iron) in the water of the Samara River and silver carp muscles were determined in accredited laboratories in accordance with generally accepted methods by atomic absorption spectrophotometry C 115 spectrophotometry. To determine the level of bioaccumulation of the studied elements, was calculated the coefficient of accumulation of heavy metals in the body of fish.*

Analysis of the results of the study showed that the water of the Samara River corresponds to the SOU-2006 for fishery water in almost all indicators, except for the content of cadmium, copper and nickel. According to the indicator of zinc content in water, the maximum concentration limit is observed only near the city of Novomoskovsk, which can be explained by the intensive development of industrial infrastructure. The content of heavy metals in the muscles of crucian carp did not exceed the norm.

Key words: heavy metals, silver crucian, the coefficient of accumulation of heavy metals.