

УДК 639.311; 550.42

**О. О. ГОЛОЛОБОВА**, канд. с.-г. наук, доц., **В. В. ТОЛСТЯКОВА**

*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна*

пл. Свободи, 6, м. Харків, 61022, Україна

e-mail: valeo.elena@gmail.com

## **ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА КОМПОНЕНТІВ ЕКОСИСТЕМИ СТАВКУ С. БОБРІВКА ХАРКІВСЬКОГО РАЙОНУ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

**Мета.** Оцінити екологічний стан компонентів водної екосистеми ставку с. Бобрівка Харківського району Харківської області. **Методи.** Аналітичні, токсикологічні. **Результати.** Показано, що гідрохімічні показники ставку відповідають нормам якості води для культурно-побутового та рекреаційного призначення. Токсикологічна оцінка для придатності води для ведення рибогосподарства виявила складну ситуацію по відношенню до міді та цинку. В межах ГДК знаходиться вміст загального заліза, значення водневого показнику; легкорозчинні органічні сполуки. Водорості найбільше акумулюють кадмій та хром, а в донних відкладах інтенсивно акумулюється також і свинець. Вміст Cu, Pb, Zn, Cd в м'язових тканинах товстолобика білого та коропа звичайного не перевищує значень ГДК. В формуванні хімічного складу тканин риб найбільш впливовим компонентом є вода ставку. **Висновки.** Щодо придатності води ставку для ведення рибогосподарства, з урахуванням того, що низка показників не відповідає нормативам, потрібно виконати заходи щодо захисту ставку від дифузних джерел забруднення, насамперед ті з них, які передбачені на законодавчому рівні. Необхідно проведення обвалування ставку, фітомеліорація, встановлення водоохоронної зони.

**Ключові слова:** важкі метали, гідрохімічні показники, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Cyprinus carpio*, гідробіоти

**Gololobova O. O., Tolstyakova V. V.**

*V. N. Karazin Kharkiv National University*

## **ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE POND ECOSYSTEM COMPONENTS, BOBRIVKA VILLAGE, KHARKIV DISTRICT, KHARKIV OBLAST**

Studies are devoted to the ecological assessment of the pond aquatic ecosystem components, Bobrivka village, Kharkiv district, Kharkiv oblast. **Purpose.** In order to achieve the goal, it was tasked to determine the seasonal redistribution of hydrochemical indicators, especially the distribution of heavy metals in the system "water-bottom sediments- hydrobionts". **Methods.** The toxicological analysis of the accumulation of heavy metals in fishery products made it possible to assess the suitability of the pond for fish breeding. It is shown that the hydrochemical parameters fully meet swater quality standards for cultural-household and recreational purposes. **Results.** Toxicological assessment of water suitability for fish breeding revealed a complex situation in several indicators. The content of free ammonia at all stages of sampling significantly exceeded the MAC values for fish breeding. In autumn, this figure was the highest and was 9.6 MAC. Excess the MAC values for fish breeding is fixed for nitric nitrogen. It is 1.1-4.2 MAC. The toxicological assessment for the water for fishing has shown difficult situation with respect to copper and zinc. For copper and zinc, the maximum excessive MAC was observed in December, its value was respectively 73 MAC and 19 MAC. The total iron concentration, the value of hydrogen indicator and easily soluble organic compounds are within the MAC values. Cu, Pb, Zn, Cd contents in muscle tissues of *Hypophthalmichthys molitrix* and *Cyprinus carpio* does not exceed the MAC values. **Conclusions.** A choice of measures is proposed to protect the pond from pollution, which must be performed for the suitability of the water pond for fish breeding.

**Key words:** heavy metals, hydrochemical parameters, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Cyprinus carpio*, hydrobionts

**Гололобова Е. А., Толстякова В. В.**

*Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина*

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОМПОНЕНТОВ ЭКОСИСТЕМЫ ПРУДА с. БОБРОВКА ХАРЬКОВСКОГО РАЙОНА ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Цель. Оценить экологическое состояние компонентов водной экосистемы пруда с. Бобровка Харьковского района Харьковской области. **Методы.** Аналитические, токсикологические. **Результаты.** Показано, что гидрохимические показатели пруда соответствуют нормам качества воды культурно-бытового и рекреационного назначения. Токсикологическая оценка пригодности воды для ведения рыбоводства

обнаружила сложную ситуацию по отношению к меди и цинку. В пределах ПДК находится содержание общего железа, значение водородного показателя; содержание легкорастворимых органических соединений. Содержание Cu, Pb, Zn, Cd в мышечных тканях *Hypophthalmichthys molitrix* и *Cyprinus carpio* не превышает значений ПДК. **Выводы.** Для ведения рыбохозяйства в пруду, с учетом того, что ряд показателей не соответствует нормативам, нужно выполнить мероприятия по защите пруда от диффузных источников загрязнения, прежде всего тех из них, которые предусмотрены на законодательном уровне. Необходимо проведение обваловки пруда, фитомелиорацию, установление водоохранной зоны.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, гидрохимические показатели, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Cyprinus carpio*, гидробионты

### Вступ

*Актуальність роботи.* Ефективне регулювання якості навколишнього природного середовища базується на адекватній інформації про забруднення та зміни стану екосистем під впливом техногенних викидів. Зокрема, накопичення важких металів (ВМ) у компонентах водних екосистем є одним з показників екологічного стану території. Тому актуальним є отримання об'єктивних результатів про вміст важких металів у компонентах прісноводних екосистем [1].

В екологічній оцінці гідроекосистеми одним з найбільш інформативних об'єктів вивчення є донні відклади. Акумуляуючи забруднення, що надходять у водойму протягом тривалого періоду, донні відклади є індикатором екологічного стану території, своєрідним інтегральним показником рівня і масштабу техногенного забруднення [2, 3]. Донні відклади, з одного боку, сприяють самоочищенню водного середовища, проте з другого – являють собою постійне джерело вторинного забруднення водойм, оскільки при зміні гідродинамічних (збільшення швидкості течії, вітрове перемішування водних мас) і фізико-хімічних (рН, окиснювально-відновні умови, солоність, температура) умов придонних шарів води, речовини, що містяться в донних відкладах, здатні переходити у водну фазу [3, 4, 5]. Таким чином, донні відклади є своєрідним «підводним ґрунтом», який визначає особливості екологічного стану водних об'єктів [3]. Вони відіграють роль своєрідних «депо», де проходить накопичення як найбільш розповсюджених пріоритетних (нафтопродукти, поліциклічні ароматичні вуглеводи, пестициди, важкі метали), так і специфічних (поліхлорбіфеніли, поліхлорфеноли, поліароматичні з'єднання, сіркоорганічні з'єднання) забруднювальних речовин [3, 6].

Накопичення в донних відкладах металів в концентраціях, що перевищують фонове значення, робить негативний вплив на якість

вод при вторинному забрудненні. Це призводить до виносу їх з донних відкладень у воду. Страждають бентосні організми, особливо у випадках знаходження металів в біологічно доступних формах. Змінюється їх якісний і кількісний склад, а, отже, і біопродуктивність водойм. Існує безліч різноманітних процесів, що визначають перехід металів в донні відкладення. Інтенсивність їх специфічна для кожної водойми і визначається цілою низкою чинників, включаючи його гідрохімічний і гідрологічний режими. Процеси міграції важких металів з води в донні відкладення характерні для всіх водойм сповільненого стоку і визначають їх загальну тенденцію до самоочищення водних мас від внесених в них будь-яким шляхом сполук важких металів [7, 8, 9].

В результаті досліджень донних відкладень з горизонту 0-5 см вирощувального ставка Е. В. Федоненко зі співавторами було встановлено, що кількість свинцю становило в середньому за вегетаційний період 0,45 мг/кг. Концентрація кадмію в мулі ставка відповідала 0,27 мг/кг. Восени відзначалася тенденція до збільшення вмісту свинцю і кадмію в донних відкладеннях вирощувального ставка Самарського рибного господарства ( $p > 0,05$ ), що, на думку авторів, пов'язано з перерозподілом елементів між водою і ґрунтом, а також відмиранням планктонних організмів з подальшим надходженням їх в поверхневий шар донних відкладень [9].

Велика кількість досліджень свідчить, що основна кількість іонів, які потрапляють до організму риб, проникає через зябра (до 70%), дещо менше через шкіру (до 20%), а решта – через органи травлення [10].

Як показали дослідження Ю. І. Сенік зі співавторами, поглинання йонів цинку через мембрани еритроцитів у риб носить відмінний характер порівняно з йонами кадмію. Відмічено значно більшу кількість сорбованого цинку. Авторами встановлено, що поглинання йонів металів еритроцитами риб

є регульованим та дозозалежним процесом. Проникнення йонів металів через клітинну мембрану досліджуваних гідробіонтів здійснюється за допомогою щонайменше двох типів транспорту: високоафінного та низько спорідненого [11].

Серед риб короп відзначається як найінтенсивніший накопичувач [12]. Дослідженнями G. Tiedemann, M. Kublbeck, J. Rosmanith встановлений такий розподіл свинцю та кадмію в організмі дзеркального коропа: 21-32% введеного кадмію міститься в печінці, 11-16 % в нирках, 0,08-0,12% в мозку. Згідно досліджень найбільший вміст свинцю в кістках, 1,1-2,1% в печінці, 0,4-0,6 % в нирках, 0,1-0,3% в мозку [13].

Тарасенко Л. О. в своїх дослідженнях довела, що для однорічок коропа коефіцієнт біотрансформації є високим і становить, %: кадмію – 52,4, купруму – 118, плюмбуму – 119, цинку – 87,6. Кількість металів, що надходить з кормами та водою і не затримується в організмі, становить, %: кадмію – 47,6, купруму – 18, плюмбуму – 19, цинку – 12,4. Автор спостерігає тенденцію: купрум і плюмбум майже не виводяться з організму риб, а навпаки, накопичуються. При цьому елементи, що накопичилися в органах і тканинах

риб, частково виділяються назовні з екскрементами і залишаються у донних відкладах, що призводить до порушення існуючого кругообігу хімічних елементів та речовин водного середовища. Л. О. Тарасенко наголошує, що основним джерелом надходження важких металів в організм риби є вода, на що припадає 97,0% для кадмію, 99,2% – для купруму, 98,3% – для плюмбуму і 99,5% – для цинку [14].

Можна зазначити, що іони важких металів проникають з оточуючого середовища в організм гідробіонтів і накопичуються в органах і тканинах. Ступінь тканинного акумулювання металів визначається їх концентрацією у воді, тривалістю дії, а також метаболічними потребами організму в тому чи іншому елементі [15].

*Мета роботи* – оцінити екологічний стан компонентів водної екосистеми ставку с. Бобрівка Харківського району Харківської області. *Об'єкт дослідження* – поверхневі води, донні відкладення, гідробіонти (водорості, короп звичайний, товстолобик білий). *Предмет дослідження* – гідрохімічні показники води, вміст важких металів в гідробіонтах та донних відкладах.

#### **Методи дослідження**

Відбір проб води здійснювали згідно з ГСТУ ISO 5667-4-2001. Аналіз зразків проводився в лабораторії аналітичних досліджень екологічного факультету ХНУ імені В. Н. Каразіна.

Визначення показників якості води виконували за такими методиками: азот нітритний – згідно з вимогами КНД 211.1.4.023; азот амонійний – згідно з вимогами КНД 211.1.4.030; ХСК – згідно з вимо-

гами КНД 211.1.4.024; рН води – згідно з вимогами ДСТУ 4077-2001; СПАР – фотометричним методом; нафтопродукти – ваговим методом при багатократному екстрагуванні нафтопродуктів із води хлороформом. Вміст ВМ у воді визначали за методикою ПНДФ 14.1:2.253-09 (М 01-46-2013), у донних відкладах за методикою ПНДФ 16.1:2:2:2.3.63-09 (М 03-07-2014).

#### **Результати дослідження**

Для дослідження екологічного стану водних об'єктів рекреаційного та рибогосподарського призначення Харківського району Харківської області вибраний ставок, який розташований поблизу сіла Бобрівка Куличівської селищної ради. Село Бобрівка Харківського району, Харківської області знаходиться на відстані в 3,5 км від річки Харків. По селу протікає пересихаючий струмок з загатями. На балкових схилах біля ставка знаходяться кілька садових товариств. Поряд проходить автомобільна Харківська окружна дорога, межа міста Харків [16].

Відбір проб води проводили на протязі 2017 року: навесні (20.03.2017), влітку (28.08.2017), восени (24.10.2017) та взимку (06.12.2017). Також влітку відібрані донні відкладення та водорості.

Зразки риби відбирались восени в жовтні. Підготовку проб м'язових тканин для визначення важких металів здійснювали відповідно до рекомендацій, наведених у нормативних документах для харчових продуктів [17].

Оцінка якості води ставка с. Бобрівка здійснювалася на основі повного аналізу

гідрохімічних показників у порівнянні з відповідними значеннями їх ГДК. В програму досліджень входило вивчення органолептичних та фізико-хімічних показників: водневого показнику рН, аміаку, нітри-

тів, заліза загального, хлоридів, свинцю, міді, цинку, хрому загального, кадмію, нікелю. Результати гідрохімічних показників якості води ставка наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Гідрохімічні показники якості води ставка с. Бобрівка, 2017 р.

Гідрохімічний показник	20.03.2017	28.08.2017	24.10.2017	06.12.2017	ГДК [18]	ГДК [19, 20]
рН	-	7,39	7,52	7,82	6,5-8,5	6,5-8,5
Мутність, ОМ	1,66	1,42	1,31	1,63	1,5	-
Прозорість, см	22	26	22	16	-	150
Кольорованість	15	10	10	15	10	-
Розчинний кисень, мг*О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	-	-	4,4	4	> 4	> 6
Лужність, ммоль/дм <sup>3</sup>	4,9	4,4	5	5,3	-	-
БСК <sub>5</sub> , мг*О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	-	-	4,1	4,3	< 6	< 2
ХСК (Mn), мг*О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	5,1	4,85	4,45	5,11	< 30	< 20
Аміак, мг N/ дм <sup>3</sup>	0,31	0,26	0,48	0,36	0,5	0,05
Азот нітритний, мг NO <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	0,27	0,11	0,23	0,42	3,3	0,1
Залізо загальне, мг/дм <sup>3</sup>	0,019	0,032	0,041	0,038	0,3	0,1
Азот нітратний, мг NO <sub>3</sub> /дм <sup>3</sup>	-	22,7	26,1	37,4	45	40
Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	88,2	44,8	62,4	88,8	350	300
Нафтопродукти, мг/дм <sup>3</sup>	-	0,12	-	-	0,1	0,05
СПАВ, мг/дм <sup>3</sup>	-	0,06	-	-	0,5	0,1
Марганець, мг/дм <sup>3</sup>	0,043	0,001	0,027	0,034	-	0,05
Свинець, мг/дм <sup>3</sup>	0,00011	0,00018	0,0002	0,00014	0,03	0,1
Мідь, мг/дм <sup>3</sup>	0,051	0,066	0,07	0,073	1	0,001
Цинк, мг/дм <sup>3</sup>	0,19	0,178	0,159	0,163	1	0,01
Хром загальний, мг/дм <sup>3</sup>	0,00002	0,00006	0,00005	0,000061	0,05	0,001
Кадмій, мг/дм <sup>3</sup>	0,00005	0,00008	0,000074	0,000068	0,0009 [1]	0,005
Нікель, мг/дм <sup>3</sup>	0	0	0	0	0,1	0,001
Миш'як	0	0	0	0	0,05	0,05

« - » показник не визначено;

Результати аналізів зразків води показали, що гідрохімічні показники відповідають нормам СанПіН № 4630-88 для культурно-побутового та рекреаційного призначення за винятком кольорованості навесні та вмісту нафтопродуктів влітку. Перевищення останнього показника складає 20%.

СанПіН № 4630-88 не регламентує вміст кадмію, тому нами було проведено порівняння концентрації цього природного токсиканту з ГДК для кадмію згідно Директиви ЄС 76/160/ ЄС. Концентрація кадмію не перевищує значень європейського нормативу цього показника [21].

З метою раціонального використання ставки на протязі 2018 р. планується вселення молоді риб. Тому води ставку для рибогосподарського використання повинні за своїми гідрохімічними показниками задовольняти нормативним документам «Вода рибогосподарських підприємств. Загальні вимоги та норми СОУ 05.01-37-385:2006» [19] та «Гранично допустимі значення показників якості води для рибогосподарських водойм» [20].

Відомо, що аміак накопичується у воді водойм при біодеструкції органічних речовин та внаслідок забруднення води стоками промислових та побутових підприємств, а також сільськогосподарського виробництва і вміст його у воді понад нормативи є токсичним для риб [22, 23]. Нами виявлений вміст аміаку, якій на всіх етапах відбору проб значно перевищував норматив. Восени цей показник виявився максимальним і складав 9,6 ГДК. Перевищення ГДК зафіксовано нами і для нітритного азоту. Воно достатньо високе і складає 1,1-4,2 ГДК.

Легкорозчинні органічні сполуки, які є активними забруднювачами води, визначались нами за перманганатною окислюваністю. За вимогами нормативний показник не повинен перевищувати 20 мг/дм<sup>3</sup>. За нашими спостереженнями на протязі року його сезонні коливання знаходились в межах 4,45-5,10 мг/дм<sup>3</sup>, що значно нижче ГДК.

Залізо є енергійним споживачем кисню і надходження його у великих кількостях може викликати замори. Крім того, залізо може осідати на зябрах у вигляді бурого осаду, викликаючи задуху риб. Кисла реакція середовища посилює шкідливу дію надлишкових кількостей заліза [24].

Позитивним є низький вміст загального заліза (0,19-0,41 ГДК) та слаболужне, в межах ГДК, значення водневого показнику. Відповідно до класифікації якості поверхневих вод за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної та радіаційної дії за вмістом загального заліза, кадмію, свинцю, загального хрому воду ставку можна віднести до I класу якості [25].

Токсикологічна оцінка води виявила складну ситуацію по відношенню до міді та цинку. Має місце значне перевищення ГДК для цих металів на протязі всього періоду досліджень. Для міді та цинку максимальне перевищення ГДК спостерігалось у грудні, його значення складало відповідно 73ГДК та 19ГДК.

За вмістом мангану воду ставку можна віднести до II класу якості, цинку – IV, міді – V класу якості вод [25].

Дифузним джерелом забруднення міддю, на наш погляд, є поверхневий стік із дачних угідь, які в великій кількості розташовані на балкових схилах, оточуючих ставок, і де власниками дачних ділянок тривале, безконтрольне використовуються засоби захисту рослин, що містять мідь. Враховуючи результати, обов'язковим виявляється токсикологічний аналіз вмісту важких металів у товарній рибній продукції.

Узагальнюючи результати дослідження якості води можна ствердити, що гідрохімічні показники відповідають нормам СанПіН № 4630-88 для культурно-побутового та рекреаційного призначення.

Щодо придатності води ставку для ведення рибогосподарства, з урахуванням того, що деякі показники не відповідає нормативам, потрібно виконати заходи щодо захисту ставки від забруднення дощовими та повеневими водами, насамперед тими з них, які передбачені на законодавчому рівні. Необхідно проведення обвалування ставків, будівництво відповідних каналів, насадження кущів та лісу, встановлення водоохоронної зони для ставки [19].

Що стосується особливостей сезонного перерозподілу важких металів у воді, нами встановлено, що до найбільших сезонних коливань схильний манган. Вміст мангану навесні в 43 рази, восени в 27 разів, взимку в 34 разів вище його вмісту влітку. Можливо, це пов'язано з тим, що, манган, поряд з кальцієм, сприяє вибірковому пог-

линанню іонів основних елементів мінерального живлення рослин. Беручи участь в біологічному каталізі і стимулюючи білковий, вуглеводний і жировий обміни, манган значно впливає на ріст, розмноження і кровотворення теплокровних тварин і риб, відіграє важливу роль в процесі закаменіння

[26], тобто влітку, в період активного росту гідробіонтів, мало місце його активне біологічне поглинання.

Вміст важких металів в донних відкладеннях і гідробіонтах ставка наданий у таблиці 2.

Таблиця 2

Вміст важких металів в донних відкладеннях і гідробіонтах ставка, серпень 2017 р.

Варіант	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
Водорості	0,031	0,061	0,126	0,0004	0,0546
Донні відклади	0,047	0,0839	0,1792	0,206	0,6273

На сьогодні в Україні відсутні нормативи, які лімітують вміст токсичних елементів в донних відкладах. Тому це робить неможливим пряме використання цих даних для системної оцінки екологічного стану ставки. Ми можемо отримати корисну для нашого аналізу інформацію за допомогою коефіцієнту донної акумуляції (КДА), який запропонований Українським науково-дослідним інститутом екологічних проблем [25].

Коефіцієнт донної акумуляції розраховується згідно формули [25]:

$$КДА = \frac{C_{дв}}{C_{вода}}$$

де КДА - коефіцієнт донної акумуляції;

$C_{дв}$  - концентрація важких металів у донних відкладах або гідробіонтах;

$C_{вода}$  - концентрація важких металів у воді.

Розрахунки коефіцієнтів донної акумуляції представлені у таблиці 3.

Результати вказують, що водорості найбільше акумулюють кадмій та хром, а в донних відкладах інтенсивно акумулюється також і свинець.

Таблиця 3

Коефіцієнти акумуляції важких металів в донних відкладах і гідробіонтах ставка, серпень 2017 р.

Варіант	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
КДА Водорості	387,5	1016,7	1,9	2,2	0,3
КДА Донні відклади	587,5	1398,3	2,7	1144,4	3,5

Відомості про вміст ВМ в організмі риб необхідні для цілої низки практичних і наукових завдань. Найважливіші з них - моніторинг хімічного та біологічного стану навколишнього середовища і контроль якості рибної продукції. Вибір риб як об'єкта біомоніторингу забруднення водних екосистем ВМ зумовлений низкою причин. У харчових ланцюгах водойм риби займають, як правило, одне з останніх місць. Вони активно переміщуються у водному просторі і, накопичуючи ВМ, одночасно дають найбільш інтегровану і точну оцінку забруднення середовища, оскільки не залежать від екологічних особливостей окремих ділянок екосистем [27].

Короп – бентофаг, його улюбленою їжею являються бентосні організми [28].

Товстолобик – пелагічна риба, яка рідко опускається в придонний шар. Білий товстолобик харчується фітопланктоном. Він буквально фільтрує зябрами воду, збираючи комок і проковтує його. Завдяки цьому риба вважається чудовим меліоратором водойм [29].

В Україні згідно медико-біологічним вимогам і санітарним нормам якості продовольчої сировини і продуктів харчування в свіжої, охолодженої та мороженої рибі підлягають контролю: свинець, кадмій, ртуть, цинк, мідь [30].

Риба в ставку знаходилась на природній кормовій базі. Проведені токсикологічні дослідження м'язових тканинах виявили всі досліджуванні метали (таблиця 4).

Аналіз результатів показав, що вміст Cu, Pb, Zn, Cd в м'язових тканинах товстолобика білого та коропа звичайного не пере-

вищує значень ГДК. В м'язових тканинах товстолобика білого вміст Pb складає 0,04ГДК, Zn – 0,12ГДК, Cd – 0,05ГДК, Cu – 0,31ГДК. В м'язових тканинах коропа вміст Pb складає 0,02ГДК, Zn – 0,19ГДК, Cd – 0,44ГДК, Cu – 0,55ГДК.

Таблиця 4

Вміст важких металів в м'язових тканинах товстолобика білого (*Hypophthalmichthys molitrix*) та коропа звичайного (*Cyprinus carpio*), мг/кг

Від риби	Fe	Cr	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd
Товстолобик	6,39	0,031	3,113	0,043	4,64	0,003	0,0002	0,011
Короп	2,62	0,055	5,508	0,02	7,46	0,058	0,0006	0,087
ГДК [20]	-	-	10	1,0	40	-	-	0,2

Тобто вміст металу залежить від характеру живлення риби. Короп, як бентосна риба, за нашими спостереженнями, більш активно акумулює в м'язових тканинах мідь, цинк, кадмій.

Акумулюючи здатність гідробіонтів ми оцінювали за допомогою коефіцієнтів біоаккумуляції (К), які відображають відношення вмісту будь-якого елемента (у нашому випадку важкого металу) в організмі до вмісту його в навколишньому середовищі [25]:

$$K = C_x / C_0,$$

де  $C_x$  і  $C_0$  - концентрації металу в тканинах риби (мг/кг) і концентрації металу у донних відкладах, мг/кг.

Коефіцієнти біоаккумуляції важких металів м'язовими тканинами по відношенню до донних відкладів та воді представлені в таблиці 5.

Аналіз коефіцієнтів біоаккумуляції важких металів, показує, що наявність важких металів у воді кореспондує зі здатністю до їх накопичення тканинами риб. Найбільш це явище проявилось по відношенню до хрому, свинцю, кадмію. Значення коефіцієнтів біоаккумуляції важких металів з донних відкладів в рази менше.

Таблиця 5

Коефіцієнти біоаккумуляції важких металів м'язовими тканинами товстолобика білого (*Hypophthalmichthys molitrix*) та коропа звичайного (*Cyprinus carpio*)

Від риби	Fe	Cr	Cu	Pb	Zn	Cd
$K_{\text{товстолобик - ДВ}}$	-	0,4	17,4	0,2	7,4	0,2
$K_{\text{товстолобик - вода}}$	155,9	620,0	44,5	215	29,2	148,6
$K_{\text{короп - ДВ}}$	-	0,7	30,7	0,1	11,9	1,9
$K_{\text{короп - вода}}$	63,9	1100	78,7	100	46,9	1175,7

Це слугує нам підставою для попереднього висновку щодо впливу кожного компоненту екосистеми ставку на форму-

вання хімічного складу тканин риб, але при цьому найбільш впливовим компонентом є вода ставку.

### Висновки

Гідрохімічні показники ставку відповідають нормам СанПіН № 4630-88 для культурно-побутового та рекреаційного призначення. Вміст вільного аміаку на всіх етапах відбору проб значно перевищував норматив рибогосподарського ГДК. Восени цей показник виявився максимальним і склав 9,6 ГДК. Перевищення рибогосподарського ГДК зафіксовано для нітратного азоту. Воно складає 1,1-4,2 ГДК.

Позитивним є: низький вміст загального заліза (0,19-0,41 ГДК); слабо лужне, в межах ГДК, значення водневого показнику; низький вміст легкокорозивних органічних сполук. Сезонні коливання вмісту цього показника знаходились в межах 4,45-5,10 мг/дм<sup>3</sup>, що значно нижче ГДК.

Вивчення особливостей сезонного перерозподілу важких металів у воді виявило, що до найбільших сезонних коливань схильний манган. Вміст мангану навесні в 43 рази, восени в 27 разів, взимку в 34 разів вище його вмісту влітку.

Токсикологічна оцінка води виявила дуже складну ситуацію по відношенню до міді та цинку. Має місце значне перевищення ГДК для цих металів на протязі всього періоду досліджень. Для міді та цинку максимальне перевищення ГДК спостерігалось у грудні, його значення складало відповідно 73 ГДК та 19 ГДК. Враховуючи результати, обов'язковим виявляється токсикологічний аналіз накопичення важких металів у товарній рибній продукції.

Результати вказують, що водорості найбільше акумулюють кадмій та хром, а в донних відкладах інтенсивно акумулюється також і свинець.

Вміст Cu, Pb, Zn, Cd в м'язових тканинах товстолобика білого та коропа звичайного не перевищує значень ГДК. В м'язових тканинах товстолобика білого вміст Pb складає 0,04ГДК, Zn – 0,12ГДК, Cd – 0,05ГДК, Cu – 0,31ГДК. В м'язових тканинах коропа вміст Pb складає 0,02ГДК, Zn – 0,19ГДК, Cd – 0,44ГДК, Cu – 0,55ГДК. Вміст металу залежить від характеру живлення риби. Короп, як бентосна риба, за нашими спостереженнями, більш активно акумулює в м'язових тканинах мідь, цинк, кадмій.

Аналіз коефіцієнтів біоаккумуляції важких металів слугує підставою для попереднього висновку про вплив кожного компоненту екосистеми ставку в формуванні хімічного складу тканин риб, але найбільш впливовим компонентом є вода ставка.

Щодо придатності води ставку для ведення рибогосподарства, з урахуванням того, що низка показників не відповідає нормативам, потрібно виконати заходи щодо захисту ставку від дифузних джерел забруднення, насамперед ті з них, які передбачені на законодавчому рівні. Необхідно проведення обвалування ставку, фітомеліорація, встановлення водоохоронної зони.

### Література

1. Council Directive 76/160/EEC of 8 December 1975 concerning the quality of bathing water. URL: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31976L0160:EN:NOT> (Дата звернення: 20.11.2017).
2. Filios J., Swanson, W. The release rate of nutrients from river and lake sediments *Water Pollut. Contr. Fed.* 1986. № 44. P. 644–662.
3. Protasowcki, M. Chodyniecki, A. Biochumulacja Cd, Pb, Cu, Zn w karpin – *Cyprinus carpio* L. W zaleznosci od stezeja w wodie i czasu ekspozycji. *Lesz. Nauk. Rub. Mor. I Technol. Zum. AR Szczecinie.*, 1988. Vol. 17. P. 69–84.
4. Tiedemann, G., Kublbeck, M., Rosmanith, J. Interaction of cadmium and lead in fish. *Wiss und Umwelt.* - 1984. - № 3В. P. 145-154.
5. Бреховских, В. Ф., Волкова, З. В., Кочарян, А. Г. Тяжелые металлы в донных отложениях Иваньковского водохранилища. *Водные ресурсы.* 2001. Т.28. №3. С. 310-319.
6. Вода рибогосподарських підприємств. Загальні вимоги та норми СОУ-05.01.-37–385:2006.
7. Гранично допустимі значення показників якості води для рибогосподарських водойм. Загальний перелік ГДК і ОБРВ шкідливих речовин для води рибогосподарських водойм : [№ 12-04-11 чинний від 09-08-1990]. - К: Міністерство рибного господарства СРСР. 1990. 45 с.
8. Грициняк, І. І., Колесник, Н. Л. Біологічне значення та токсичність важких металів для біоти прісноводних водойм (огляд). *Рибогосподарська наука України.* 2014. №2. С. 31-45.
9. Грубанко, В. В. Адаптивні реакції риб до дії аміаку водного середовища: Автореф. дис. ...д-ра біол. наук. К., 1995. 44 с.



10. Драчев, С. М. Борьба с загрязнением рек, озер и водохранилищ промысловыми и бытовыми стоками. М.; Л.: Наука, 2007. 245 с.
11. Евтушенко, Н. Ю., Ситник, Ю. М. Содержание тяжелых металлов в рыбах водоема охладителя Ладжинской ГРЭС. / Всес. совещ. по рыбхоз. использ. тепл. вод : тез. докл. М., 1990. С. 237-238.
12. Информационный портал с. Бобровка. URL: <https://web.archive.org/web/20150422220557/http://bobrivka.com.ua/about.html> (Дата звернення 10.09.2017).
13. Інструкція щодо організації зимівлі рибопосадкового матеріалу в рибницьких ставках. URL: [darg.gov.ua/files/2/inzrm16.doc](http://darg.gov.ua/files/2/inzrm16.doc) (Дата звернення 20.12.2017).
14. Колесник, Н. Л. Важкі метали в екосистемі ставів та їх вплив на рибопродуктивність і харчову цінність риби в умовах інтенсивного вирощування : ... дис. к. с.-г. н. : К., 2012. 191 с.
15. Колесник, Н. Л. Розподіл важких металів серед компонентів прісноводних екосистем (огляд). *Рибогосподарська наука України*. 2014 №3 С. 35-54.
16. Кравчук, Г. О. Сучасні зміни умов осадконакопичення та бентосні форамініфери як індикатори забруднення донних відкладів північно-західного шельфу Чорного моря: дис. ... канд. геол. Наук. – К., 2004. – 214 с.
17. Курант, В. З., Хоменчук, В. О., Бияк, В. Я. Шляхи проникнення та вміст важких металів в організмі риб: (огляд). *Наук. зап. Тернопільського нац. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Сер. Біологія*. 2011. №2(47). С. 263-269.
18. Линник, П. М. Жежеря, В. А., Линник, Р. П. Розчинені форми металів у поверхневих водах: біодоступність та потенційна токсичність. *Наукові записки Тернопільського пед. університету ім. В. Гнатюка. Серія: біологія*. 2015. №3-4(64). С. 395-239.
19. Маджд, С. М., Александрова, А. С. Визначення потенційної небезпеки донних відкладів гідроекосистем з інтенсивним техногенним навантаженням. *Наукоємні технології*. 2016 3 (31). С. 331-334.
20. Медико-біологічні вимоги і санітарні норми якості продовольчої сировини і продуктів харчування. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/v5061400-89/page5> (Дата звернення 10.12.2017)
21. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / А. В. Гриценко, О. Г. Васенко, Г. А. Верніченко, О. П. Мірошніченко [та ін.] Х.: УкрНДІЕП. 2012. 37 с.
22. Наш зеленый мир. Карп. URL: <https://nashzeleniyumir.ru/%D0%BA%D0%B0%D1%80%D0%BF> (Дата звернення 11.11.2017).
23. Повадки и особенности питания толстолобика. URL: <http://lovelyavsem.ru/tyby/tolstolobik/opisanie-i-rovadki.html> (Дата звернення 11.11.2017).
24. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения: СанПиН № 4630-88. М.: Минздрав СССР, 1988. 70 с.
25. Сенік, Ю. І., Ляврін, Б. З., Синюк, Ю. В. Транспорт йонів цинку та кадмію через мембрани еритроцитів риб. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Біологія*. 2012. Вип. 3 (52). С. 50–54.
26. Стецюк, З. О., Мельник, А. П., Михайленко, Н. Г. Екологічний стан Київського водосховища за гідрохімічними показниками після водопілля 2010 р. *Рибогосподарська наука України*. 2011 № 4. С.15-19.
27. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов: ГОСТ 30178-96. [Действующий от 1998-01-01]. М. : Ин-т пит. РАМН, 1998. 12 с.
28. Тарасенко, Л. О. Особливості кумуляції важких металів в організмі риб. *ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького*. 2014. Т. 16, № 3(60), ч. 2. С. 40-48.
29. Федоненко, Е. В., Шарамок, Т. С., Есипова, Н. Б. Распределение свинца и кадмия в экосистеме самарского рыбоводного пруда. *Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна, № 788. Серія «Біологія», вип. 6 2007р.* С. 104-108.
30. Янин, Е. П. Техногенные илы в реках Московской области (геохимические особенности и экологическая оценка). М. : ИМГРЭ, 2004. 94 с.

### References

1. Council Directive 76/160/EEC of 8 December 1975 concerning the quality of bathing water. Available at: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31976L0160:EN:NOT> [in English].
2. Filios J., Swanson, W. (1986). The release rate of nutrients from river and lake sediments Water Pollut. Contr. Fed. 44, 644–662 [in English].
3. Protasowcki, M. Chodyniecki, A. (1988). Biochumulacja Cd, Pb, Cu, Zn w karpin – Cyprinus carpio L. W zależności od stężenia w wodzie i czasu ekspozycji. [Bioaccumulation of Cd, Pb, Cu, Zn in Cyprinus carpio L., depending on the concentration in water and the exposure time]. *Lesz. Nauk. Rub. Mor. I Technol. Zum. AR Szozecinie*, 17, 69–84. [in Polish].

4. Tiedemann, G., Kublbeck, M., Rosmanith, J. (1984). Interaction of cadmium and lead in fish. *Wiss und Umwelt*, 3B, 145-154. [in English].
5. Brehovskih, V. F., Volkova, Z. V., Kocharjan, A. G. (2001). Tjzhelye metally v donnyh otlozhenijah Ivan'kovskogo vodohranilishha [Heavy metals in the bottom sediments of the Ivankovo reservoir] *Water resources*, 28 (3), 310-319 [in Russian].
6. Voda rybohospodars'kykh pidpryyemstv. Zahal'ni vymohy ta normy SOU-05.01.-37-385:2006. 6. [Water of fishing enterprises. General requirements and norms SOU-05.01.-37-385:2006. 6]. [in Ukrainian].
7. Hranychno dopustymi znachennya pokaznykiv yakosti vody dlya rybohospodars'kykh vodoym. Zahal'nyy perelik HDK i OBRV shkidlyvykh rehovyn dlya vody rybohospodars'kykh vodoym (1990). [Limit values of water quality indices for fish farming reservoirs. The general list of MPCs of harmful substances for water of fish farming reservoirs] [No. 12-04-11 valid from 09-08-1990]. K: Ministry of Fisheries of the USSR. 1990. 45 p. [in Ukrainian].
8. Hrytsynyak, I. I., Kolesnyk, N. L. (2014). Biolohichne znachennya ta toksychnist' vazhkykh metaliv dlya bioty prisnovodnykh vodoym (ohlyad). *Fishery science of Ukraine*, 2, 31-45 [in Ukrainian].
9. Hrubanko, V. V. (1995). Adaptivni reaktsiyi ryb do diyami amoniaku vodnoho seredovyscha [Adaptive reactions of fish to the action of ammonia of the aqueous medium]. *Kiev* 44. [in Ukrainian].
10. Drachev, S. M. (2007). Bor'ba s zagryazneniem rek, ozer i vodohranilishh promyslovymi i bytovymi stokami [Fighting pollution of rivers, lakes and reservoirs with commercial and domestic wastewater] M.; L.: Nauka, 245 [in Russian].
11. Evtushenko, N. Ju., Sitnik, Ju. M. (1990). Soderzhanie tjzhelykh metallov v rybah vodoema ohladitel'ja Ladyzhinskoy GRES. [The content of heavy metals in the fishes of the cooling reservoir at the Ladyzhinskaya water-power plant] All-Union Conference on Fisheries use warm waters: tez. doc. Moscow, 237-238 [in Russian].
12. Information portal of the Bobrovka village. Available at: <https://web.archive.org/web/20150422220557/http://bobrivka.com.ua/about.html> [in Russian].
13. Instruction on the organization of wintering of fish-bearing material in fish-breeding ponds. Available at: [darg.gov.ua/files/2/inzrm16.doc](http://darg.gov.ua/files/2/inzrm16.doc) [in Ukrainian].
14. Kolesnyk, N. L. (2012). Vazhki metaly v ekosystemi staviv ta yikh vplyv na ryboproduktyvnist' i kharchovu tsinnist' ryby v umovakh intensyvnogo vyroshchuvannya [Heavy metals in the ecosystem of ponds and their impact on fish productivity and nutritional value of fish in conditions of intensive cultivation]. *Kiev*, 191 [in Ukrainian].
15. Kolesnyk, N. L. (2014). Rozpodil vazhkykh metaliv sered komponentiv prisnovodnykh ekosystem (ohlyad) [Distribution of heavy metals among the components of freshwater ecosystems (review)] *Fishery science of Ukraine*, 3, 35-54 [in Ukrainian].
16. Kravchuk, H. O. (2004). Suchasni zminy umov osadkonakopychennya ta bentosni foraminifery yak indykatory zabrudnennya donnykh vidkladiv pivnichno-zakhidnoho shel'fu Chornoho morya [Modern changes in the conditions of sedimentation and benthic foraminifera as indicators of pollution of the bottom sediments of the north-western shelf of the Black Sea:]. *Kiev*, 214 [in Ukrainian].
17. Kurant, V. Z., Khomenchuk, V. O., Byyak, V. Ya. (2011). Shlyakhy pronyknennya ta vmist vazhkykh metaliv v orhanizmi ryb: (ohlyad) [Ways of penetration and content of heavy metals in fishes organisms: (review)]. *Scientific not. of Ternopil Volodymyr Hnatyuk National Pedagogical University. Series: Biology*. 2 (47), 263-269 [in Ukrainian].
18. Lynnyk, P. M., Zhezherya, V. A., Lynnyk, R. P. (2015). Rozchyneni formy metaliv u poverkhnevnykh vodakh: biodostupnist' ta potentsiyna toksychnist' [Metal Dissolved forms in surface water: bioavailability and potential toxicity]. *Scientific notes of Ternopil Volodymyr Hnatyuk National Pedagogical University. Series: Biology*. 3-4(64), 395-399 [in Ukrainian].
19. Madzhd, S. M., Aleksandrova, A. S. (2016). Vyznachennya potentsiynoyi nebezpeky donnykh vidkladiv hidroekosystem z intensyvnym tekhnohennym navantazhennyam [Determination of the potential danger of bottom sediments hydro ecosystems with intensive man-caused load]. *Knowledge-based technologies*. 3 (31), 331-334 [in Ukrainian].
20. Medical and biological requirements and sanitary norms of quality of food raw materials and foodstuffs. Available at: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/v5061400-89/page5> [in Ukrainian].
21. Hrytsenko, A. V., Vasenko, O. H., Vernichenko, H. A., Miroshnichenko, O. P. (2012). Metodyka ekolohichnoyi otsinky yakosti poverkhnevnykh vod za vidpovidnymi katehoriyamy [Methodology of ecological assessment of surface water quality according to the relevant categories]. *Kharkiv : UkrRIEP*, 37 [in Ukrainian].
22. Our green world. Carp. Available at: <https://nashzelenymir.ru/%D0%BA%D0%B0%D1%80%D0%BF> [in Russian].
23. The habits and features of eating silver carp. Available at: <http://lovlyavsem.ru/ryby/tolstolobik/opisanie-i-povadki.html> [in Russian].
24. Sanitarnye pravila i normy ohrany poverhnostnykh vod ot zagryaznenija: SanPiN 4630-88. [Sanitary rules and

- norms for protection of surface water from pollution: SanPiN 4630-88.:]. Moscow : Minzdrav SSSR, 1988, 70 [in Russian].
25. Senyk, Yu. I., Lyavrin. B. Z., Synyuk, Yu. V. (2012). Transport yoniv tsynku ta kadmiyu cherez membrany erytrotsytiv ryb [Transport of zinc and cadmium ions through the erythrocyte membrane of fish]. *Scientific notes of Ternopil Volodymyr Hnatyuk National Pedagogical University. Series: Biology*. 3 (52), 50-54 [in Ukrainian].
  26. Stetsyuk, Z. O., Mel'nyk, A. P., Mykhaylenko, N. H. (2011). Ekolohichnyy stan Kyyivs'koho vodoskhovyshcha za hidrokhimichnymy pokaznykamy pislya vodopillya 2010 r [Ecological status of the Kiev reserve on gidrochemical indexes after flood of 2010]. *Fishery science of Ukraine*, 4, 15-19 [in Ukrainian].
  27. Syr'e i produkty pishhevye. Atomno-absorbciionnyj metod opredelenija toksichnyh jelementov: GOST 30178-96. [Dejstvujushij ot 1998-01-01] [ Raw materials and food products. Atomic absorption method for the determination of toxic elements: GOST 30178-96. [Effective from 1998-01-01]]. Moscow, 1998, 12. [in Russian].
  28. Tarasenko, L. O. (2014). Osoblyvosti kumulyatsiyi vazhkykh metaliv v orhanizmi ryb [Features of heavy metals cumulation in fish]. *Scientific bulletin LNUVMBT imeni Stepana Gzhytskoho*, 16, 3 (60), part 2, 411-415 [in Ukrainian].
  29. Fedonenko, E. V., SHaramok, T. S., Esipova. N. B. (2007). Raspredelenie svinca i kadmiya v ehkosisteme samarskogo rybovodnogo pruda [Distributing of lead and cadmium in ecosystem of the Samara fish-breeder pond]. *Bulletin of VN Karazin Kharkiv National University. Series: Biology*, 788(6), 104-108 [in Russian].
  30. YAnin, E. P. (2004). Tekhnogennye ily v rekah Moskovskoj oblasti (geohimicheskie osobennosti i ehkologicheskaya ocenka) [Technogenic silt in the rivers of the Moscow region (geochemical features and ecological assessment)]. Moscow : IMGRE, 94 [in Russian].

Надійшла до редколегії 24.01.2018