

21. **Продромус рослинності України**/ За ред. Ю.Р. Шеляг-Сосонко. – К.: Наук. думка, 1991. – 272 с.
22. **Раритетні фітоценози західних регіонів України** (Регіональна "Зелена книга")/ Стойко С.М., Яценко П.Т. та ін. – Львів: Поллі, 1998. – 190 с.
23. **Сівак В.К., Солодкий В.Д.** Заповідна справа: Навч. пос. – Чернівці: Зелена Буковина, 2001. – 208 с.
24. **Сорока М.І.** Лісова рослинність Українського Розточчя// Роль охоронюваних природних територій у збереженні біорізноманіття: Матер. конф. м. Канів, 8-10 верес. 1998 р. – Канів, 1998. – С. 111-113.
25. **Справочник** по заповідному делу/ Под ред. акад. АН УССР А.М. Гродзинского. – К.: Урожай, 1988. – 168 с.
26. **Флора і рослинність** Карпатського заповідника/ Стойко С.М., Тасєнкевич Л.О., Мілкіна Л.І. та ін. – К.: Наук. думка, 1982. – 220 с.

УДК [(502.51: 504.5): 574.64] (285.2) (477.82.1-751.2) **Ю.М. Ситник¹,
П.Г. Шевченко², Ю.М. Забитівський³**

ТОКСИКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАГИБЕЛІ ВУГРА В ОЗЕРІ ЧОРНЕ ВЕЛИКЕ ШАЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ (ОГЛЯД)

Описано аналіз результатів екотоксикологічних досліджень озера Чорне Велике (Шацький національний природний парк), які проводилися у 1996 р, причиною яких стала загибель вугра європейського. Здійснено аналіз вмісту у воді важких металів, пестицидів, нафтопродуктів та синтетичних поверхнево активних речовин. Показано рівні накопичення важких металів у тканинах риб з озера Чорного Великого та суміжних озер та здійснено аналіз їх впливу на організм гідробіонтів.

Ключові слова: екотоксикологічні дослідження, риби, важкі метали, нафтопродукти, хлорорганічні пестициди, поверхнево-активні речовини.

Yu.M. Sytnik¹, P.G. Shevchenko², Yu.M. Zabytivskyy³

Ecological toxicology of Shatsk lakes lake Chorne Velyke scientific research 1996 (review)

The results are described of ecotoxicological researches of lake Chorne Velyke (National natural park of Shatsk), which were carried out in 1996. The reason of researches was the death of the European eel. It was analysed the content of heavy metals, pesticides, mineral oil and synthetic surface-active substances in water. It is shown the heavy metals accumulation levels in fishes tissue.

Keywords: ecotoxicological researches, fish, heavy metals, mineral oil, chlorineorganic pesticides, surface-active substances.

Навесні (березень – квітень) 1996 року в озері Чорне Велике сталася масова загибель вугра європейського – *Anguilla anguilla* L. [16, 27]. Загинуло більше 4 тисяч особин загальною масою більше двох тисяч кг. Еколого-токсикологічні дослідження води та риби (живих та загиблих особин вугра європейського – *Anguilla anguilla* L.) були частиною заходів з виявлення причин екологічної катастрофи.

¹ Інститут гідробіології НАН України, проспект Героїв Сталінграда, 12, Київ 210, 04210, Україна (Institute of hydrobiology of National Academia of Sciences of Ukraine Heroiv Stalingrada st, 12, Kiev 210, 04210, Ukraine).

² Національний аграрний університет, корп. 1., вул. Героїв оборони, 19, Київ, 03140 (National agrarian university Corps 1., Heroiv Oborony st., 19, Kiev, 03140).

³ Львівський НУ ім. Івана Франка, вул. Грушевського, 4, Львів, 79005. E-mail: yurafish@ukr.net (Lviv NU named after Ivan Franko, Hrushevskoho st, 4, Lviv, 79005, Ukraine).

Аналіз результатів ряду токсикологічних досліджень засвідчує, що вода озера Чорне Велике значно забруднена важкими металами, СПАР та нафтопродуктами [7, 8, 22, 23, 25, 28, 32]. Придонні шари води цього озера мають більше навантаження токсичними речовинами порівняно з поверхневими. З основних забруднювачів природних вод, виявлених раніше (1990-92 рр) за результатами наших досліджень, навесні 1996 року не виявлено тільки пестициди (табл. 1).

У контексті токсикологічної ситуації, яка склалася у водоймі Чорне Велике, розглянемо основні чинники, які формують фізіологічний статус риб, основну увагу зосереджуючи на функціональній характеристиці важких металів, що перевищують допустимі рівні.

Табл. 1. Вміст токсичних речовин у воді озера Чорне Велике у квітні-травні 1996 року (мкг/л, *min-max*)

Токсичні речовини	Поверхневий шар	Придонний шар	ГДК _{рибогоспод.} мкг/дм ³	Кратність перевищення, ГДК _{рибогоспод.}
Важкі метали				
Мідь	10,0-11,5	14,5-15,0	1,0	10 / 15
Кадмій	0,4-0,7	3,7-4,9	5,0	відповідає
Марганець	15,2-16,8	41,2-44,7	10,0	1,5 / 4,2
Нікель	0,7-1,3	31,4-45,6	10,0	відповідає / 4,5
Свинець	2,8-3,4	27,7-31,2	10,0	відповідає / 3,0
Хром	11,3-12,1	224,5-237,2	1,0	11 / 240
Цинк	24,5-25,6	225,1-234,7	10,0	2,5 / 23,5
СПАР				
Аніонні	60,0-77,0	97,0-101,0	100,0	відповідає/ГДК _{рибогоспод.}
Катіонні	240,0-245,0	400,0-570,0	12,0	12 / 45
Нафтопродукти	124,0-127,0	295,0-312,0	50,0	3 / 6
Пестициди хлорорганічні*				
α – ГХЦГ	не виявлено	не виявлено	відсутність	відповідає
γ – ГХЦГ	не виявлено	не виявлено	відсутність	відповідає
ДДЕ	не виявлено	не виявлено	відсутність	відповідає
ДДД	не виявлено	не виявлено	відсутність	відповідає
ДДТ	не виявлено	не виявлено	відсутність	відповідає

Примітка: * – чутливість методу для ГХЦГ = 0,005 мкг/дм³,
ДДТ та його аналогів = 0,01 мкг/дм³.

Як видно з табл., вміст практично всіх важких металів, за винятком кадмію, перевищує допустиму концентрацію. Це дає підставу вважати водойму потенційно небезпечною з токсикологічної сторони, незважаючи на валовий характер отриманих величин. Розглянемо головні аспекти токсичності важких металів для гідробіонтів в озері Чорне Велике.

Одним з актуальних завдань сучасної екологічної токсикології є вивчення особливостей екології риб та закономірностей формування екологічної стійкості за дії токсичних речовин різної хімічної природи. Для вирішення цих завдань вивчають динаміку еколого-токсикологічних та біохімічних параметрів досліджуваних популяцій риб [3-5, 14, 31].

Риби є важливою ланкою в неперервному кругообігу мікро- та макро- елементів водойми, які відносяться до групи незамінних елементів для нор-

мальної життєдіяльності організмів. Ці елементи (мідь, цинк, залізо, магній, марганець, кобальт, хром та інші) відіграють важливу роль у протіканні цілого ряду фізіологічних та біохімічних процесів [1-4].

Рівні накопичення мікроелементів (як і взагалі металів) в органах та тканинах риб залежать від геохімічного складу середовища, типу водойми, функціонального стану організму та характеру харчових взаємовідносин. Концентруючи мікроелементи, водні організми синтезують життєво необхідні речовини у вигляді металоорганічних сполук, таких як ферменти, вітаміни, гормони та ін. Синтез металовмісних біологічно-активних сполук можливий тільки у певних межах концентрацій та співвідношень мікроелементів в організмі та середовищі. При підвищенні концентрацій мікроелементів у воді та харчових об'єктах ріст та розвиток спочатку зростають, а потім сповільнюються, знижується синтез біологічно-активних сполук, погіршується здатність до розмноження та імунобіологічні реакції організму [2-4, 24, 26].

Завдяки своїй високій біологічній активності метали (мікроелементи) істотно впливають на якість водного середовища та біоти, оскільки порушення балансу хімічних елементів у тканинах може у певній мірі служити одним із факторів, що стимулюють чи сповільнюють ріст та розвиток риби. Значне підвищення концентрації важких металів у навколишньому середовищі, і, як наслідок, в тканинах водних тварин і рослин, може досить негативно впливати на стабільність екосистеми водойми, оскільки багато мікроелементів у певних концентраціях діють як токсичні речовини. При концентраціях, що перевищують нормальний вміст металів в органах та тканинах, зникає межа між їх "фізіологічною" та "нефізіологічною" дією. У міру зростання концентрацій у водному середовищі та, відповідно, в гідробіонтах кожен елемент починає діяти як токсичний агент.

Важкі метали – хімічні елементи з властивостями металів, що мають атомні номери з 22 по 92 у періодичній таблиці хімічних елементів Д.І. Менделєєва [19-21]. Зі 105 хімічних елементів цієї системи 92 трапляються у земній корі, 86 – у складі живих організмів, 84 елементи (або 56, якщо вирахувати всі лантаніди та актиноіди) відносяться до металів. Із 56-15 легких та 36 важких металів, а також 5 елементів, які поряд із властивостями металів мають також властивості неметалів, які, правда, виражені в різній степені. Для побудови різних тіл (від мікроорганізмів до людини) використовується відносно невелика кількість елементів, що звичайно називають біоелементами. Життєво необхідними визнано від 24 до 27 хімічних елементів. Основними елементами, з яких побудовані молекули органічних речовин, а саме: білків, жирів, вуглеводів, нуклеїнових кислот і т.д., є кисень, вуглець, азот, фосфор і сірка, які становлять відповідно 63; 25,5; 9,5; 1,4 та 0,22 % від загальної кількості атомів організму людини. Відносно великий вміст (від 0,3 до декількох сотих відсотка) деяких елементів, що знаходяться в тканинах у вигляді іонів: Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} та аніона Cl^- . Поряд із цими елементами в тканинах людини та в інших тваринних організмах особливо виділяють ще 16 елементів, що зазвичай називають мікроелементами через їх надзвичайно малу концентрацію в організмах, але які є вкрай необхідними як каталізатори

життєво важливих процесів. До них відносяться Fe, Cu, Zn, Mn, Co, J, Mo, V, Ni, Cr, F, Se, Si, B, As. Із приведених 16 мікроелементів 6 є неметалами а 10 – власне металами, причому важкими. Для всіх цих елементів, в тому числі і важких металів, доказана їх біологічна роль. Згідно з думкою академіка В.І. Вернадського, біологічне значення мають всі елементи, що трапляються у природі. Ним вперше було доказано залежність та зв'язок між хімічним складом земної кори та вмістом мікроелементів у живих організмах, а звідси – їх ростом, розвитком та фізіологічним станом [19-21].

За результатами багаторічних досліджень науковців, коли важкі метали поступають в організм у надлишковій їх кількості в результаті техногенного забруднення довкілля, вони можуть накопичуватися та викликати токсичні ефекти. Деякі органи акумулюють певні елементи вибірково, в результаті чого завдається шкода як органу чи тканині зокрема, так і організму в цілому. Наприклад, Cd, Hg та Mn накопичуються в нирках, Sn – в тканинах кишківника, V – в нігтях (кігтях) та волоссі, Zn та Sr – у передміхуровій залозі, Cu – у печінці та тканинах головного мозку.

Іони міді у незначній концентрації (2 мкг/дм³) здатні підвищувати активність травних процесів коропів у кишківнику на 24-147 % відносно контрольної групи риб [11, 13, 30]. Великі функціональні зміни в травній системі (зміна активності травних ферментів, зміна величини всмоктування поживних речовин) також настають при наявності у водному середовищі свинцю, який перевищує встановлені ГДК рибогосподарські [10, 12].

В еритроцитах знайдено елементи, біологічна значущість яких досі ще не доказана, зокрема, Ag і Pb. При порушенні фізіологічної норми рівня важких металів в органах та тканинах можлива конкуренція за хімічні групи та каталітичні центри в макромолекулах, порушення структури останніх та їх функцій. Відома конкуренція наступних металів [6]:

- Ni – із Ca, Mg, Fe, Cu²⁺, Zn²⁺;
- Cr – із Fe, Mn²⁺, Co²⁺, Cu²⁺;
- Mo – із W, Cu²⁺, Pb²⁺;
- Mn – із Mg, Zn;
- Co – із Fe;
- Cu – із Zn, Mn, Ni;
- Zn – із Mn²⁺, Co²⁺, Cu²⁺, Cd²⁺;
- Cd – із Ca, Cu²⁺, Zn²⁺.

Токсичні ефекти важких металів реалізуються переважно за конкурентним механізмом з іншими металами. У різних живих організмів, в тому числі і у гідробіонтів та людини, є білки, що зв'язують деякі метали та сприяють їх утриманню в організмі, наприклад, трансферин та сидерофіліни для Fe, церулоплазмін для Cu, нікелоплазмін для Ni, металотіонеїн для Zn. Однак, механізми, що забезпечують виведення із організму надлишкових кількостей металів, ще не достатньо вивчені.

Ефективне регулювання якості навколишнього природного середовища базується на адекватній інформації про рівні забруднення і зміни стану екосистем під впливом техногенних викидів. Зокрема, накопичення важких металів у компонентах екосистем є одним із показників екологічного стану території. Тому отримання об'єктивних даних про накопичення важких металів компонентами урбанізованих екосистем є основою екологічного моніторингу з оцінки, контролю і прогнозу стану довкілля.

Особливу загрозу несуть метали, що визначені міжнародними організаціями ООН – ФАО/ВООЗ (Міжнародна організація по сільському господарству та продуктах харчування та Всесвітня організація охорони здоров'я). До останніх відносяться – ртуть, свинець, кадмій, кобальт, нікель, цинк, олово, мідь, молібден, ванадій [2-4]. Незважаючи на те, що ці метали входять до складу гірських порід, ґрунтів, водойм, і містяться у всіх живих організмах, антропогенні та техногенні процеси та їх тісне поєднання істотно змінили природні потоки хімічних елементів, які часто приводять до токсикозів риб.

Еколого-токсикологічна ситуація в озері Чорне Велике поєднується із поліелементною хімізацією довкілля по ланцюгу: джерела викидів – депонуючі та транспортуючі середовища – організм людини.

Дія важких металів на організм риб. Акумуляційні ряди важких металів та органічних забруднюючих агентів часто завершуються на вершинах трофічної піраміди гідроекосистем, де, зазвичай, найчастіше стоять риби. Як хижі, так і миролюбні риби інтенсивно накопичують важкі метали, вміст яких є досить лабільним в екосистемі озера. Результати досліджень вмісту важких металів у м'язах риб озера Чорне Велике та для деяких інших озер Шацької групи викладені в табл. 2.

Табл. 2. Вміст важких металів у м'язах вугра європейського та інших видів риб Шацьких озер у квітні 1996 року (мг/кг сирої маси, $M^{\pm m}$).

Види риб	Cd	Pb	Cu	Zn	Co	Mn	Fe	Cr
<i>озеро Чорне Велике</i>								
*Вугор європейський	0,60 $^{\pm 0,05}$	1,23 $^{\pm 0,39}$	5,54 $^{\pm 0,08}$	20,12 $^{\pm 0,12}$	0,39 $^{\pm 0,02}$	5,04 $^{\pm 0,08}$	51,01 $^{\pm 0,11}$	0,12 $^{\pm 0,04}$
*Вугор європейський	0,90 $^{\pm 0,03}$	0,66 $^{\pm 0,13}$	4,51 $^{\pm 0,06}$	21,75 $^{\pm 0,11}$	0,63 $^{\pm 0,03}$	4,03 $^{\pm 0,10}$	27,24 $^{\pm 0,44}$	0,17 $^{\pm 0,02}$
*Вугор європейський	0,56 $^{\pm 0,03}$	0,82 $^{\pm 0,25}$	5,31 $^{\pm 0,15}$	26,34 $^{\pm 0,14}$	0,60 $^{\pm 0,13}$	7,00 $^{\pm 0,11}$	24,41 $^{\pm 0,68}$	0,19 $^{\pm 0,04}$
*Вугор європейський	0,58 $^{\pm 0,07}$	0,83 $^{\pm 0,43}$	6,01 $^{\pm 0,07}$	21,63 $^{\pm 0,23}$	0,38 $^{\pm 0,02}$	4,27 $^{\pm 0,04}$	39,20 $^{\pm 0,53}$	0,16 $^{\pm 0,03}$
Лящ	0,97 $^{\pm 0,06}$	0,45 $^{\pm 0,03}$	1,02 $^{\pm 0,05}$	11,90 $^{\pm 0,14}$	0,65 $^{\pm 0,04}$	0,94 $^{\pm 0,09}$	23,69 $^{\pm 0,39}$	0,08 $^{\pm 0,02}$
Лящ	0,35 $^{\pm 0,11}$	0,70 $^{\pm 0,14}$	1,32 $^{\pm 0,02}$	10,84 $^{\pm 0,18}$	0,68 $^{\pm 0,08}$	0,69 $^{\pm 0,05}$	18,91 $^{\pm 0,21}$	0,14 $^{\pm 0,02}$
Лящ	0,89 $^{\pm 0,08}$	0,68 $^{\pm 0,05}$	0,83 $^{\pm 0,04}$	11,22 $^{\pm 0,10}$	0,66 $^{\pm 0,11}$	0,94 $^{\pm 0,04}$	14,40 $^{\pm 0,28}$	0,07 $^{\pm 0,02}$
Лящ	0,92 $^{\pm 0,06}$	0,52 $^{\pm 0,18}$	0,94 $^{\pm 0,02}$	13,51 $^{\pm 0,13}$	0,80 $^{\pm 0,17}$	1,33 $^{\pm 0,03}$	11,05 $^{\pm 0,17}$	0,08 $^{\pm 0,04}$
Карась сріблястий	0,78 $^{\pm 0,04}$	0,76 $^{\pm 0,06}$	1,39 $^{\pm 0,02}$	19,90 $^{\pm 0,14}$	0,51 $^{\pm 0,21}$	0,73 $^{\pm 0,04}$	14,40 $^{\pm 0,28}$	0,20 $^{\pm 0,03}$
Карась сріблястий	0,79 $^{\pm 0,03}$	1,18 $^{\pm 0,06}$	1,22 $^{\pm 0,04}$	24,65 $^{\pm 0,18}$	0,44 $^{\pm 0,06}$	0,61 $^{\pm 0,05}$	32,64 $^{\pm 0,52}$	0,18 $^{\pm 0,02}$
Карась сріблястий	0,80 $^{\pm 0,03}$	1,17 $^{\pm 0,41}$	0,95 $^{\pm 0,05}$	23,62 $^{\pm 0,22}$	0,70 $^{\pm 0,24}$	0,85 $^{\pm 0,07}$	11,54 $^{\pm 0,32}$	0,14 $^{\pm 0,02}$
Судак	0,99 $^{\pm 0,06}$	0,55 $^{\pm 0,05}$	0,92 $^{\pm 0,08}$	13,82 $^{\pm 0,14}$	0,52 $^{\pm 0,07}$	0,38 $^{\pm 0,03}$	20,64 $^{\pm 0,31}$	0,17 $^{\pm 0,02}$
Судак	1,02 $^{\pm 0,04}$	0,84 $^{\pm 0,04}$	0,81 $^{\pm 0,05}$	9,28 $^{\pm 0,22}$	0,59 $^{\pm 0,25}$	0,81 $^{\pm 0,05}$	11,62 $^{\pm 0,25}$	0,17 $^{\pm 0,02}$
Судак	1,00 $^{\pm 0,03}$	0,28 $^{\pm 0,02}$	1,04 $^{\pm 0,03}$	16,86 $^{\pm 0,14}$	0,81 $^{\pm 0,11}$	0,79 $^{\pm 0,07}$	38,89 $^{\pm 0,88}$	0,22 $^{\pm 0,02}$
<i>Озеро Люцимер</i>								
Вугор європейський	0,84 $^{\pm 0,02}$	0,20 $^{\pm 0,06}$	2,44 $^{\pm 0,05}$	21,64 $^{\pm 0,22}$	0,43 $^{\pm 0,02}$	0,66 $^{\pm 0,10}$	26,95 $^{\pm 0,65}$	0,57 $^{\pm 0,04}$
<i>Озеро Пулемцьке</i>								
Вугор європейський	0,94 $^{\pm 0,04}$	0,19 $^{\pm 0,04}$	1,09 $^{\pm 0,02}$	16,62 $^{\pm 0,17}$	0,86 $^{\pm 0,08}$	0,66 $^{\pm 0,04}$	46,69 $^{\pm 1,34}$	0,61 $^{\pm 0,07}$

Примітка: * – мертві особини вугра європейського.

Аналіз отриманих результатів виявив значне перевищення вмісту міді та марганцю саме у загиблих особинах вугра європейського. Отримані результати у 4-5 разів були більшими за вміст цих двох металів у м'язах інших видів риб (лящ, карась сріблястий та судак) із цього ж озера, які були виловлені живими. За вмістом міді та марганцю в м'язах, загиблі вугри озера Чорне Велике перевищували у 3-5 разів рівні вмісту цих металів у вугрів озер Люцимер (яке знаходиться до нього найближче) та Пулемецьке, які були виловлені живими. Варто відзначити також, що в м'язах загиблих особин вугра та деяких інших видів риби озера Чорне Велике виявлено підвищений вміст кадмію та свинцю. Нами зафіксовано, що в загиблих особинах вугра європейського із озера Чорне Велике значно перевищені рівні середнього вмісту важких металів у промисловій іхтіофауні прісних вод [9, 17-21] за міддю та дещо менше за марганцем, що дорівнює 1,70 мг/кг сирової маси та 1,00 мг/кг, відповідно.

З еколого-токсикологічних позицій не всі важкі метали можуть бути сприйняті однозначно. Перш за все, інтерес викликають ті метали, які у значних об'ємах використовуються у виробничій діяльності людини та, в результаті постійного накопичення в навколишньому середовищі, являють собою значну небезпеку з точки зору їх біологічної активності та токсичних проявів. До них відносять свинець, ртуть, кадмій, цинк, мідь, вісмут, кобальт, нікель, олово, ванадій, марганець, хром та молібден [29].

Токсичний вплив міді. воді озера Чорне Велике вміст міді перевищує ГДК рибогосподарські у 10-15 разів. Варто зауважити, що у мертвих особинах вугра її концентрація була вищою у 4-5 разів, ніж у живих представників іхтіофауни інших видів. Очевидний зв'язок між загибеллю вугра та концентрацією цього металу. Розглянемо глибше значимість міді у фізіолого-біохімічних процесах. Практично, до складу всіх тканин живого організму входить мідь. Із літературних джерел [15, 29] відомо, що у всіх органах та тканинах риби міді менше ніж цинку, а її вміст близький до такого ж вмісту заліза. Також відомо про концентрування міді у печінці, селезінці, наявності її в мозку та шкірі риб.

Досить широке розповсюдження міді, що поступається по рівню використання тільки алюмінію, пов'язане з їх використанням у машинобудуванні, транспорті, побутовій техніці, хімічній промисловості, а також у сплавах – латуні, бронзі та ін. Крім того, сполуки міді як мікроелемента застосовують в медицині для лікування різних захворювань – виразкової хвороби, рахіту, захворювань шкіри та ін.

Мідь позитивно впливає на ріст організмів, покращує засвоєння вуглеводів. Вміст міді в м'язах риб коливається від 0,01 до 1,1 мг %. У невеликих кількостях вона необхідна для формування залізопорфіринових комплексів. Як і інші метали, мідь поступає в організм гідробіонтів переважно із їжею. Бентосні організми можуть акумулювати мідь з водного середовища та донних відкладів. Вона може поступати в організм шляхом механічного захвату часточок гідроокисів зябрами, хемосорбції іонів на слизовій оболонці зябрових пелюсток [2]. Засвоєння розчиненої у воді міді планктоном – один із основних шляхів до включення її у харчовий ланцюг.

Мідь є компонентом ряду ферментів, пов'язаних із окисно-відновними процесами, має важливе значення у фенольному, азотистому та нуклеїновому обміні. Важливою функцією міді в організмі тварин є її участь у синтезі гемоглобіну. Власне вона сама не входить до складу гемоглобіну, але необхідна для каталітичної реакції включення неорганічного заліза до складу гемоглобіну. Більше ніж 90 % всієї міді знаходиться у церулоплазміні – металоферменті, що приймає участь у синтезі білків плазми крові [3]. Важливою є роль міді у процесах кровотворення, де її неможливо замінити жодним іншим хімічним елементом. Біотичні дози міді підвищують опірність організмів до деяких інфекційних захворювань. Мідь зв'язує мікробні токсини за типом комплексних сполук – хелатів та підсилює дію антибіотиків. Як незамінний мікроелемент, вона впливає на організм завдяки зв'язкам із фенолами, гормонами та вітамінами [3]. У риб у період нересту вміст міді у печінці – депо цього елемента в організмі – знижується, а у статевих продуктах (ікра, сім'яники) зростає [3]. Вона бере участь у процесах пігментації риб, впливаючи на синтез меланіну [3].

Рівень забезпечення риби міддю залежить від багатьох факторів і у першу чергу біогеохімічної ситуації середовища існування, форми знаходження хімічного елемента, кліматичних, гідрохімічних умов та фізіологічного стану організму. Вміст міді в організмі регулюється центральною нервовою системою та залозами внутрішньої секреції.

Відомо [18], що за своєю дією на водні організми, тільки ртуть більш токсична за мідь, а висока токсичність та значна середня концентрація останньої у воді роблять її критичним елементом у водних екосистемах. В окремих випадках саме мідь, окремо та при синергічній взаємодії з іншими токсичними речовинами, може спричинити загибель риби. Темпи поглинання міді рибами знаходяться у прямій залежності від періоду впливу та концентрації. При токсичній дії міді на риб встановлено [21] синергізм при взаємодії міді, кадмію та свинцю, або міді та цинку, міді, цинку і фенолів, або міді та фенолів. Чим вища концентрація міді, яка знаходиться у вільній (іонній) формі (тобто не закомплексована) у воді, тим вищий ефект її дії на риб.

Безперечно, ізольована дія підвищеної концентрації міді до 10-15 мг/л не може стати причиною загибелі риб, які володіють широкою адаптаційною можливістю і володіють рядом механізмів виведення її з організму, однак, у взаємодії з іншими гідрохімічними чинниками, її летальна дія може проявитися.

Наступним чинником, який у взаємодії з іншими може призводити до летального наслідку риб є нафтопродукти, виявлені в озері Чорне Велике. Придонний шар води озера Чорне Велике, і Шацьких озер, взагалі більш насичений нафтопродуктами, ніж поверхневий [28]. Нафта та її похідні, у даному випадку, виступають, як концентратори для важких металів, що також різко підвищує токсичність останніх за рахунок утворення металоорганічних сполук, що легко проникають у клітини гідробіонтів. З підвищенням концентрації міді у водному середовищі зростає споживання рибами кисню, збільшується рН крові та використання енергетичних речовин. Характерним ефектом впливу іонів міді на риб у водному середовищі є різке зниження секретор-

ної діяльності зябрових пелюсток, що у кінцевому результаті призводить до загибелі риби від некрозу зябер (токсична асфіксія). Окрім цього, має місце руйнування кровотворних тканин у філаментах зябер, що є наслідком зменшення їх окислювальної активності, відбувається також некроз клітин нирок.

Таким чином загибель вугра стала наслідком кумулятивного токсикозу, пов'язаного із дією високих концентрацій важких металів, головним чином міді, а також нафтопродуктів у воді озера Чорне Велике.

Література

1. Бетман Ш.А., Ильзинь А.Э. Микроэлементы в организме рыб и птиц. – Рига: Зинатне, 1968. – С. 5-18.
2. Воробьев В.И. Микроэлементы и их применение в рыбоводстве. – М.: Пищевая пром-сть, 1979. – 184 с.
3. Войнар А.И. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. – М.: Пищевая пром-сть, 1986. – 264 с.
4. Горовая С.Л., Столярова С.Д. Физиолого-биохимические показатели рыб водоемов Белорусии. – Минск: Наука и техника, 1984. – 157 с.
5. Дячук І.Є., Шевченко П.Г., Коваль М.В., Колесніков В.М. Іхтіофауна й рибопродуктивність озер Шацького природного національного парку на сучасному етапі їх існування./ Національні парки в системі екологічного моніторингу. – Світязь, 1993. – С. 62-63.
6. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник: в 6 кн./ Под ред Э.К. Буренкова. – М.: Экология, 1995. Кн. 4. Главные d = элементы. – 416 с.
7. Євтушенко Н.Ю., Сытник Ю.М., Осадчая Н.Н. Концентрация тяжелых металлов в воде Шацких озер/ Вопросы экологии и мелиорации заболоченных земель. Материалы к семинару в г. Шацке, 28-29 мая 1991 г. Шацк, 1991. – С. 27-28.
8. Євтушенко М.Ю., Ситник Ю.М., Осадча Н.М. Підсумки трьохрічних досліджень вмісту важких металів в компонентах озерних екосистем Шацького національного природного парку/ Національні парки в системі екологічного моніторингу. – Світязь, 1993. – С. 33-35.
9. Євтушенко М.Ю., Шевченко П.Г., Коваль М.В., Дячук І.Є., Колесніков В.М. Сучасний стан іхтіофауни та охорона риб озер Шацького національного природного парку/ Шацький національний природний парк. Наукові дослідження 1983-1993 рр. – Світязь, 1994. – С. 194-209.
10. Забитівський Ю.М. Вплив сублетальних концентрацій свинцю на активність травних ферментів цьогорічок коропів// Вісник Львівського ун-ту. Серія біологічна. – 2002, вип. 28. – С. 200-210.
11. Забитівський Ю.М. Карбогідразна активність кишківника рамчастої та лускатої порід коропа любінського внутрішньопорідного типу під впливом міді// Наук. записки Тернопільського педун-ту ім. Володимира Гнатюка. Серія "Біологія", № 2(17), 2002. – С. 105-109.
12. Забитівський Ю.М. Функціональна активність карбогідраз цьогорічок коропів любінського внутрішньопорідного типу при інтоксикації свинцем// Наук. записки Тернопільського педун-ту ім. Володимира Гнатюка. Серія "Біологія". 2001, № 3 (14). – С. 193-195.
13. Забитівський Ю.М., Савицька О.М. Динаміка накопичення міді у лусці, зябрах і кишківнику коропа// Наук. вісник УкрДЛТУ. – Львів: УкрДЛТУ. – 2003, вип. 13.5. – С. 263-272.
14. Коваль М.В., Шерстюк В.В., Шевченко П.Г., Ситник Ю.М. Сучасний стан молоді риб озер Шацького національного природного парку// Роль охоронюваних природних територій у збереженні біорізноманіття. Матер. конф. присвяченої 75-річчю Канівського природного заповідника, м. Канів, 8-10 вересня 1998 р. Канів, 1998. – С. 190-191.
15. Ковальський В.В. Геохимическая экология. – М.: Наука, 1975. – 299 с.
16. Львович М.В., Горун А.А., Сытник Ю.М., Шевченко П.Г., Пидопригора Л.Н. Эколого-токсикологическая ситуация в оз.Черное Большое (Шацкие озера) после гибели угря в 1996 году// Другий з'їзд Гідроекологічного товариства України. Тези доповідей. 27-31 жовтня 1997 р. – К.: Либідь, 1997, том 2. – С. 136-137.
17. Морозов Н.П., Петухов С.А. Переходные и тяжелые металлы в промысловой ихтиофауне океанических, морских и пресных вод// Рыбное хозяйство. – 1977, № 5. – С. 11-13.
18. Мур Дж.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. Контроль и оценка состояния. – М.: Мир, 1987. – 286 с.

19. Никаноров А.М., Жулидов А.В., Покаржевский А.Ф. Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 144 с.
20. Никаноров А.М., Жулидов А.В. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 327 с.
21. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов. Пер. с англ./ Под ред. Х. Зигеля, А. Зигель. – М.: Мир, 1993. – 368 с.
22. Осадча Н.М., Ситник Ю.М., Євтушенко М.Ю. Вміст важких металів у водах Шацького поозер'я (за результатами 1990-1991 рр.)/ Екологічні аспекти осушувальних меліорацій в Україні. Тези доповідей конф.. – К.: Знання, 1992. – С. 117-119.
23. Осадча Н.М., Ситник Ю.М., Євтушенко М.Ю. Ступінь закомплексованості міді у воді Шацьких озер// Екологічні аспекти осушувальних меліорацій в Україні. Тези доповідей конф.. – К.: Знання, 1992. – С. 120-121.
24. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами// Охрана окружающей среды. Под ред. Л.П. Шарикова. – Л.: Судостроение, 1978. – С. 193-222.
25. Ситник Ю.М., Осадча Н.М., Євтушенко М.Ю. Вміст важких металів в деяких видах риб Шацьких озер/ Екологічні аспекти осушувальних меліорацій в Україні. Тези доповідей конф.. – К.: Знання, 1992. – С. 116-117.
26. Ситник Ю.М. Важкі метали у промислових видах риб Шацького поозер'я// Рибне господарство. – 1994, вип. 48. – С. 79-84.
27. Сытник Ю.М., Шевченко П.Г., Евтушенко Н.Ю., Подопригора Л.Н. О причине массовой гибели речного угря озера Черное Большое Шацкого природного национального парка в 1996 г./ Повышение качества рыбной продукции внутренних водоемов. Материалы международной конференции 8-9 октября 1996 г. – К.: Наука. – 1996. – С. 136.
28. Тимченко В.М., Якушин В.М., Олейник Г.Н., Новиков Б.И., Гош Р.И., Сытник Ю.М., Коновалов Ю.Д., Ярошевич А.Е., Ярошевич Л.В., Жданова Г.А., Головки Т.В., Осадчая Н.Н., Сидерский А.В., Виденина Ю.Л., Безродная С.М., Меленчук Г.В., Гресько М.М., Калениченко К.П., Кундиев В.А., Крыжановский И.В., Давыдов О.А., Чижмакова Н.А., Васильева И.Г., Иванова Т.И., Кабакова Т.Н. Гидроэкологическая характеристика Шацких озер/ Редакция "Гидробиологического журнала" АН Украины. 120 с. Депонирована в ВИНТИ 02.08.1993 г, № 2188 В 93.
29. Трахтенберг И.М., Колесников В.С. Луковенко В.П. Тяжелые металлы во внешней среде. Современные гигиенические и токсикологические аспекты. – Минск: Наука и техника, 1994. – 285 с.
30. De Boeck G., Vlaeminck A., Blust R. Effects of sublethal copper exposure on copper accumulation, food consumption, growth, energy stores, and nucleic acid content in common carp// Arch Environ Contam Toxicol. – 1997. Nov; 33 (4): 415-22.
31. Jewtuszenko M. Ju., Sytnik Ju.M. Zawartosc metali ciezkich w narzadas i tkankach leszcza i sandacza, zyjaczych w jeziorach Szackiego Parku Narodowego/ Ekosystemy wodne i torfowiskowe w obszarach chronionych. Pod red. S. Radwana, Z. Karbowskiego, M. Soltysa. Lublin, 1993. – S. 98.
32. Sytnik Yu.M., Nowikow B.J., Osadcza N.M., Czizmakowa N.A., Wiedienina J.L. Metali ciezkie w wodzie i osadach dennych jezior Szackiego Parku Narodowego/ Ekosystemy wodne i torfowiskowe w obszarach chronionych. Pod red. S. Radwana, Z. Karbowskiego, M. Soltysa. – Lublin, 1993. – S. 127-28.

