

ЕКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОЗЕРНИХ ЕКОСИСТЕМ ШАЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ ВАЖКІ МЕТАЛИ В ОРГАНАХ ТА ТКАНИНАХ РИБ *STIZOSTEDION LUCIOPERCA L.* ТА *ABRAMIS BRAMA L.*

Ю.М. Ситник

Інститут гідробіології НАН України

ECOLOGICAL AND TOXICOLOGICAL RESEARCHES OF LAKE ECOSYSTEMS IN SHATSK NATIONAL PARK. HEAVY METALS IN ORGANS AND TISSUES OF FISH *STIZOSTEDION LUCIOPERCA L.* AND *ABRAMIS BRAMA L.* Sytnik Yu.M. - *Nature Reserves in Ukraine*. 16 (2): 95-98. - Researches carried out in July 1990 at Pulemetske and Lyutsymer lakes. Fish is a good bioindicator of heavy metals. Iron, zinc, and nickel content in fish of Shatsk lakes is within the bounds of background pollution magnitude. Cadmium, cobalt, lead, copper, and manganese content exceed upper bounds of background magnitude. Bulk content of heavy metals in water did not exceed maximum allowable concentration.

Keywords: bioindicators, water pollution, heavy metals, maximum allowable concentration.

ЕКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОЗЕРНИХ ЕКОСИСТЕМ ШАЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ. ВАЖКІ МЕТАЛИ В ОРГАНАХ ТА ТКАНИНАХ РИБ *STIZOSTEDION LUCIOPERCA L.* ТА *ABRAMIS BRAMA L.* Ситник Ю.М. - *Заповідна справа в Україні*. 16 (2): 95-98. - Дослідження проводилися на озерах Пулемецьке та Люцимер у липні 1990 р. Риби є добрими біоіндикаторами забруднення важкими металами. Вміст в рибі з Шацьких озер заліза, цинку та нікелю знаходиться в межах фонових величин. Вміст кадмію, кобальту, свинцю, міді і марганцю перевищує максимальний рівень фону. Валовий вміст важких металів у воді, за винятком міді та цинку, не перевищував гранично припустимих концентрацій.

Ключові слова: біоіндикатори, забруднення води, важкі метали, гранично припустимі концентрації.

ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМ ШАЦКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКА. ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ОРГАНАХ И ТКАНЯХ РЫБ *STIZOSTEDION LUCIOPERCA L.* И *ABRAMIS BRAMA L.* Ситник Ю.М. - *Заповідна справа в Україні*. 16 (2): 95-98. - Исследования проводились на озерах Пулемецкое и Люцимер в июле 1990 г. Рыбы являются хорошими биоиндикаторами загрязнения тяжелыми металлами. Содержание в рыбе из Шацких озер железа, цинка и никеля находится в пределах фоновых величин. Содержание кадмия, кобальта, свинца, меди и марганца превышает максимальный уровень фона. Валовое содержание тяжелых металлов в воде, за исключением меди и цинка, не превышало предельно допустимых концентраций.

Ключевые слова: биоиндикаторы, загрязнение воды, тяжелые металлы, предельно допустимые концентрации.

Відомості щодо вмісту важких металів в організмі риб, як і розподілу їх по органах та тканинах, необхідні для вирішення цілого ряду практичних і наукових завдань. Найважливіші з них – моніторинг хімічного та біологічного стану навколишнього середовища та контроль за якістю рибної продукції (по даному забруднювачу). Ці завдання потребують визначення природних (фонових) рівнів вмісту важких металів (ВМ) в іхтіофауні та воді, ступеня їх накопичення та перерозподілу залежно від забруднення водойм, фізіологічних та розмірно-вікових змін в організмі гідробіонтів, а також від геохімічних

особливостей району досліджень, способу існування того чи іншого виду риби.

В наш час у результаті виробничих процесів у навколишнє середовище надходить велика кількість викидів, які містять у собі різні сполуки ВМ. Хімічне забруднення навколишнього середовища носить нині глобальний характер. ВМ надходять в атмосферу у складі газових викидів та димів, у вигляді техногенних пилових часточок, із стічними водами, забрудненими різними хімічними сполуками промислових виробництв. Як токсичні речовини, ВМ не піддаються розпаду та деградуванню

Таблиця 1.

Вміст важких металів в органах та тканинах судака, оз. Люцимер, мг/кг сирової маси, $M \pm m$, липень 1990 р.

Органи та тканини	Важкі метали							
	Cd	Co	Cu	Zn	Fe	Mn	Pb	Ni
Шкіра	0,52+0,11	0,52+0,09	1,60+0,21	10,12+1,01	12,00+0,89	0,74+0,12	0,63+0,15	2,83+0,35
Луска	1,24+0,61	2,62+0,41	1,00+0,39	24,12+0,61	23,85+1,62	4,57+0,73	6,39+0,61	3,47,0,61
Плавці	3,23+0,25	4,12+0,17	2,61+0,32	39,41+0,85	28,91+2,33	10,09+0,62	10,48+0,88	4,85+0,32
Зябра	0,75+0,09	3,31+0,62	1,50+0,23	45,77+3,11	45,35+5,16	7,96+2,17	2,44+0,75	3,63+0,45
Зяброві покришки	1,53+0,41	3,62+0,43	1,86+0,21	38,09+7,04	51,45+2,11	5,78+1,18	4,23+0,66	4,05+0,23
М'язи	0,52+0,17	1,41+0,19	1,27+0,39	32,81+0,91	37,63+0,95	1,26+0,35	7,61+0,18	2,21+0,17
Печінка	0,62+0,20	0,73+0,31	3,27+0,41	40,09+2,11	40,11+2,15	0,88+0,17	0,88+0,19	3,17+0,61

Таблиця 2.

Вміст важких металів в органах та тканинах ляща, оз. Люцимер, мг/кг сирової маси, $M \pm m$, липень 1990 р.

Органи та тканини	Важкі метали							
	Cd	Co	Cu	Zn	Fe	Mn	Pb	Ni
Шкіра	0,31+0,05	0,21+0,03	1,00+0,25	12,02+1,12	32,00+2,17	0,61+0,06	0,61+0,06	3,16+1,11
Луска	0,85+0,07	1,12+0,11	1,25+0,30	25,12+1,75	41,00+0,61	3,12+0,11	9,12+1,01	4,01+0,88
Плавці	1,19+0,31	6,16+0,61	2,31+0,31	52,32+3,17	37,00+5,11	7,87+0,64	10,01+2,13	4,77+0,73
Зябра	0,61+0,11	3,11+0,37	1,50+0,17	45,00+0,63	40,00+0,63	6,85+1,77	3,75+1,00	3,63+0,61
Зяброві покришки	1,85+0,17	3,75+0,62	1,96+0,36	61,12+5,11	57,00+0,11	5,01+0,35	5,73+0,60	4,95+0,08
М'язи	1,19+0,07	1,82+0,95	1,01+0,17	17,03+3,12	40,00+0,61	0,88+0,44	1,64+0,37	2,41+0,21
Печінка	0,85+0,09	0,61+0,27	6,11+0,60	37,07+0,88	39,78+0,73	0,99+0,23	2,42+0,20	8,20+0,96

на відміну від забруднювачів органічної природи і не розпадаються як радіонукліди, а, потрапивши в екосистему, нікуди не зникають, лише перерозподіляються по її компонентах.

Важкі метали (ртуть, свинець, кадмій, нікель, мідь, цинк, хром, кобальт та ін.) представляють собою велику небезпеку як забруднювачі природних вод, оскільки навіть у порівняно невеликих концентраціях можуть токсично впливати на водні організми (Комаровський, Полищук, 1981). Однак, у мікрокількостях ВМ є природною, навіть необхідною складовою частиною живої клітини (Мур, Рамамурти, 1987). На хімічний склад тваринного організму гідросфери впливають три фактори: вміст ВМ у навколишньому середовищі (воді та донних осадах), видові та екологічні особливості гідробіонтів та біологічна роль окремих металів (Никаноровта ін., 1985; Євтушенко, Ситник, 1989). Вибір риб, як об'єктів біомоніторингу забруднення озерних екосистем ВМ, зумовлений рядом причин. У трофічних ланцюжках водним риби займають, як правило, одне з кінцевих місць. Вони активно переміщуються у водному просторі й одночасно, накопичуючи ВМ, дають найбільш інтегровану і точну оцінку забруднення середовища, оскільки не залежать від вузьколокальних, місцевих та мікроекологічних особливостей окремих ділянок гідроекосистем. Також слід підкреслити, що на різних стадіях забруднення прісноводних екосистем ВМ риби є більш чутливими індикаторами даного процесу, ніж рослини, що, вірогідно, пов'язано із тривалішими строками їхнього життєвого циклу, протягом якого вони сприймають не тільки хронічні, а й випадкові, "залпові" антропогенні викиди забруднюючих речовин (Мур, Рамамурти, 1987).

Озера Шацького національного природного парку (НПП) перебувають нині під великим антропогенним

пресом у результаті проведених раніше меліоративних та осушувальних заходів у Західному Поліссі, використання земель під сільськогосподарські культури (вплив мінеральних і органічних добрив), рекреаційних навантажень, вилову риби, різних стоків комунальної мережі прибережних сіл, баз відпочинку та м. Шацька. На цей регіон сильно впливають глобальні процеси забруднення атмосфери та гідросфери, включаючи навіть кислотні дощі. Однією із складових перелічених процесів забруднення навколишнього середовища є ВМ.

Матеріал і методи

Проби органів та тканин промислових видів риб були відібрані під час роботи експедиції Інституту гідробіології НАН України на Шацьких озерах у липні 1990 р. Рибу отримували при здачі уловів із озер Пулемецьке та Люцимер риболовецькими бригадами Шацького рибгоспу. Для аналізу відібрали два види риби – судака (*Stizostedion lucioperca L.*) (хижак) та ляща (*Abramis brama L.*) (бенітофаг). Всього в озерах рибпромисловою статистикою зафіксовано 12 видів риби та річкові раки (Тимченко та ін., 1989).

У кожного екземпляра визначали масу, довжину та ширину тіла. Рибу розділяли на такі органи та тканини: луску, шкіру, плавці, зябра, м'язи, зяброві покришки (як зразок кісткової тканини) та печінку. Кожний вид риби аналізували у шести повторностях. Маса наважки сирової тканини для одного аналізу становила 2 г, при природній вологості. Проби обробляли та висушували у сушильній шафі при $t = 105^\circ\text{C}$, запаковували і відправляли для подальшої обробки в Інститут гідробіології НАН України, м. Київ. Проби спалювали за методом К'ельдаля в азотній кислоті (марки ОСЧ) протягом 12–18 год. до повного зне-

Таблиця 3.

Вміст важких металів в органах та тканинах судака, оз. Пулемецьке, мг/кг сирової маси, $M \pm m$, липень 1990 р.

Органи та тканини	Важкі метали							
	Cd	Co	Cu	Zn	Fe	Mn	Pb	Ni
Шкіра	0,81+0,17	1,52+0,91	1,60+0,61	10,00+1,12	21,00+3,17	0,95+0,62	0,95+0,17	2,83+0,21
Луска	1,23+0,21	2,01+0,13	2,05+0,31	29,00+0,89	41,45+4,11	2,12+0,85	5,17+0,88	5,60+1,62
Плавці	1,40+0,17	4,80+0,41	2,91+0,61	40,89+0,95	38,95+2,17	8,91+0,73	8,01+1,13	4,95+0,63
Зябра	0,88+0,09	3,71+0,05	1,2+0,27	45,57+0,61	49,12+5,61	6,15+1,17	3,42+0,61	4,01+1,27
Зяброві покришки	2,12+0,25	4,12+0,90	1,95+0,33	61,62+0,88	62,63+0,91	7,95+0,61	5,27+1,11	4,71+1,33
М'язи	1,07+3,13	1,71+0,13	1,95+0,40	10,12+0,95	39,25+1,11	2,12+0,33	1,66+0,14	3,17+0,13
Печінка	0,89+0,17	0,75+0,07	4,71+0,71	32,17+0,95	61,12+5,17	4,17+1,11	0,95+0,23	3,87+0,95

Таблиця 4.

Вміст важких металів в органах та тканинах ляща, оз. Пулемецьке, мг/кг сирової маси, $M \pm m$, липень 1990 р.

Органи та тканини	Важкі метали							
	Cd	Co	Cu	Zn	Fe	Mn	Pb	Ni
Шкіра	0,55+0,13	0,41+0,21	1,09+0,19	19,91+1,11	39,72+3,12	0,52+0,11	1,23+0,37	3,26+0,88
Луска	1,00+0,61	2,00+0,61	2,12+0,30	25,45+2,14	55,00+5,01	1,11+0,17	7,88+1,11	5,07+1,24
Плавці	2,17+0,11	3,17+0,41	2,42+0,40	32,79+3,11	61,00+0,66	3,12+0,61	10,25+2,11	3,25+1,11
Зябра	0,95+0,23	3,45+0,27	2,01+0,41	39,08+5,00	33,39+3,19	4,17+3,11	2,72+0,39	3,99+0,61
Зяброві покришки	2,61+0,71	3,62+0,39	4,75+0,42	50,05+0,95	45,09+5,09	3,88+0,87	5,95+3,11	5,25+0,62
М'язи	1,19+0,33	2,01+0,40	0,95+0,11	21,04+0,88	42,04+6,77	1,21+0,21	0,91+0,41	1,62+0,63
Печінка	1,17+0,14	1,20+0,17	5,05+0,97	23,39+3,11	24,77+3,17	1,09+0,11	3,12+0,71	3,77+0,95

барвлення суміші. Для цього у суміш додавали 2–3 краплі H_2O_2 (Ринькіс, 1963; Никаноров и др., 1985; Евтушенко, Сытник, 1989). Кількісне визначення кадмію, міді, цинку, марганцю, кобальту, заліза, свинцю та нікелю в органах та тканинах риби здійснювали прямим всмоктуванням розчину у пропанбутан-повітряне полум'я за допомогою атомно-абсорбційного спектрофотометра ААС-1 фірми "Карл Цейсс" (Німеччина). Всі необхідні статистичні розрахунки проводили за стандартними програмами.

Результати та обговорення

У таблицях 1–4 наведено показники вмісту ВМ в органах та тканинах ляща й судака. Ці види становлять основу промислу в озерах Пулемецьке та Люцимер.

За результатом аналізу для даних озер та видів риб існують загальні закономірності вмісту й розподілу ВМ в організмі, органах та тканинах. У даному випадку ці закономірності однакові як для видів-бентофагів, так і для хижаків, що свідчить про значний вміст ВМ у всіх компонентах озерних екосистем. Характерним для досліджуваних видів риб є також максимальне накопичення кадмію, кобальту, цинку, заліза, марганцю, свинцю та нікелю у тканинах, безпосередньо контактуючих з навколишнім водним середовищем, а саме в лусці, зябрах, плавцях, зябрових кришках. Особливістю цих тканин є також великий вміст кальцію, котрий можуть заміщувати у кістковій тканині перелічені ВМ. У всіх досліджених органах та тканинах ляща і судака із Шацьких озер зафіксовано високий вміст кадмію. Відомо (Verboost, 1989), що саме цей метал сприяє посиленому виведенню кальцію із організму водних тварин. В той же час великі його концентрації характерні саме для озерних екосистем карстового походження, якими і є Шацькі озера.

Досліджені органи і тканини ляща та судака з озер Пулемецьке та Люцимер містили ВМ (мг/кг сирової маси, \min – \max): кадмію – 0,31–2,81; кобальту – 0,21–6,16; міді – 0,95–6,11; цинку – 10,00–61,62; заліза – 12,00–63,62; марганцю – 0,52–10,09; свинцю – 0,61–10,48; нікелю – 1,62–5,60. Якщо використати отримані нами результати для біоіндикації ступеня забруднення навколишнього водного середовища ВМ, то можна дійти висновку, що озеро Пулемецьке піддається більшому антропогенному пресу, ніж Люцимер.

За результатами досліджень 1990–1991 рр., вміст ВМ у воді озера Пулемецьке був дещо вищим, ніж в озері Люцимер (Євтушенко та ін., 1991; Осадча та ін., 1992).

Раніш проведені дослідження (Тимченко та ін., 1989; Виденина, Сытник, 1991) дозволяють припустити, що екосистема озера Пулемецьке більш уражена процесами ацидифікації, ніж озеро Люцимер, хоч за прозорістю води вони належать до однієї групи. При цьому в озері Пулемецьке фіксують щорічне зростання прозорості води на 0,1 м, а цей процес також є одним із показників ацидифікації. Даний факт може бути поясненням більшого накопичення ВМ рибами даного озера, оскільки за більшого закислення водойми метали перебувають у більш доступній для організму гідробіотів йонній формі (Євтушенко та ін., 1990).

Якщо порівняти отримані нами результати з даними фонових рівнів вмісту ВМ для прісноводних видів риби (Морозов, Петухов, 1977, 1986), то вміст заліза, цинку та нікелю знаходиться в межах наведених фонових величин; вміст марганцю незначно перевищує максимальний рівень фону, а от міді більше вдвічі, свинцю – утричі, кобальту і кадмію – у 6 разів. При порівнянні отриманих результатів із санітарно-гігієнічними нормами, а саме гранично допустимими концентраціями для риби як продукту харчування, прийнятими у 1982 р., уточненими в 1986 р. та 1990 р. (Беспамятнов, Кротов, 1985; СанПН, 1986; Медико-біологічне вимоги ... , 1990) і діючими й донині на території України, можна засвідчити перевищення даних нормативів по свинцю, кадмію, а в деяких випадках і по цинку.

Таким чином, аналіз вмісту ВМ в органах та тканинах риби із озер Шацького НПП показує високий вміст у них кадмію, кобальту, свинцю, міді та марганцю. Валовий вміст ВМ у воді, за винятком міді та цинку, не перевищував ГДК досліджених елементів для води, як санітарно-гігієнічні, так і рибогосподарські (Євтушенко та ін., 1992). Таким чином, можна стверджувати, що зафіксований вміст ВМ в органах та тканинах риб, як і в цілому організмі, визначається процесами їх біоконцентрування, а риби в Шацьких озерах є добрими біоіндикаторами забруднення ВМ.

Література

- Беспамятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. - Ленинград: Химия: ленинградское отделение, 1985. - 528 с.
 Виденина Ю.Л., Сытник Ю.М. Анализ состояния ацидификации Шацьких озер по одному из гидрофизических показателей // Вопросы экологии и мелиорации заболоченных земель: Мат-лы к семинару в г. Шацке, 28-29 мая 1991 г. - Шацк, 1991. - С. 31-32.

- Евтушенко Н.Ю., Сытник Ю.М. Тяжелые металлы в моллюсках и рыбах Дуная (по материалам I Международной комплексной экспедиции по изучению Дуная, март 1988 г.) // Мат-лы I Междунар. комплекс. экспедиции по изуч. Дуная, март 1988 г./ Ред. "Гидробиологического журнала". - Киев, 1989. - Ч. 2. - С. 103-175. - Деп. в ВИНТИ 09.01.1989, № 209 - В 89.
- Евтушенко Н.Ю., Сытник Ю.М., Осадчая Н.Н. Концентрация тяжелых металлов в воде Шацких озер // Вопросы экологии и мелиорации заболоченных озер: Мат-лы к семинару в г. Шацке, 28-29 мая 1991 г. - Шацк, 1991. - С. 27-28.
- Евтушенко Н.Ю., Сытник Ю.М., Осадчая Н.Н. Нормирование содержания тяжелых металлов в рыбах и формы нахождения их в воде // Проблемы устойчивости биологических систем: Тез. докл. Всесоюз. школы, 15-20 октября 1990 г., г. Севастополь. - Харьков, 1990. - С. 171-172.
- Комаровский Ф.Я., Полищук Л.Р. Ртуть и другие тяжелые металлы в водной среде: миграция, накопление, токсичность для гидробионтов: (обзор) // Гидробиол. журн. - 1981. - Т. 17, № 5. - С. 71-83.
- Морозов Н.П., Петухов С.А. Переходные и тяжелые металлы в промышленной ихтиофауне, океанических, морских и пресных вод // Рыбное хоз-во. - Москва, 1977. - № 5. - С. 11-13.
- Мур Дж. В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах: Контроль и оценка влияния. - Москва: Мир, 1987. - 287 с.
- Некоторые аспекты экологии Шацких озер / В.М. Тимченко, А.Е. Ярошевич, И.Е. Дячук и др. / Ред. "Гидробиологического журнала". - Киев, 1989. - Деп. в ВИНТИ 20.09.1989, № 5962 - В 89. - 43 с.
- Никаноров А.М., Жулидов А.В., Покаржевский А.Д. Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах. - Ленинград: Гидрометеоздат, 1985. - 144 с.
- Осадчая Н.М., Ситник Ю.М., Евтушенко М.Ю. Вміст важких металів у водах Шацького поозер'я (за результатами 1990-1991 рр.) // Екологічні аспекти осушувальних меліорацій в Україні: Тези доп. конфер. - Київ, 1992. - С. 116-119.
- Осадчая Н.М. Ситник Ю.М., Евтушенко М.Ю. Ступінь закомплексованості міді в водах Шацьких озер / Екологічні аспекти осушувальних меліорацій в Україні: Тези доп. конфер. - Київ, 1992. - С. 120-121.
- Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах: СанПИН 42-123-4089-86. - Москва: Минздрав СССР, 1986. - 15 с.
- Ринькис Г.Я. Методы ускоренного колориметрического определения микроэлементов в биологических объектах. - Рига: Изд-во АН Латвийской ССР, 1963. - С. 28-30.
- Ситник Ю.М., Осадчая Н.М., Евтушенко М.Ю. Вміст важких металів в деяких видах риб Шацьких озер // Екологічні аспекти осушувальних меліорацій в Україні: Тези доп. конфер. - Київ, 1992. - С. 116-117.
- Verboost P.M. Cadmium toxicity: interaction of cadmium with cellular calcium transport mechanism // Krips Repro Mappel, 1989. - 108 p.