

УДК 594.38(477.83)

Гураль Р. І.

**ОСОБЛИВОСТІ НАКОПИЧЕННЯ ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ
МОЛЮСКАМИ *LYMNAEA STAGNALIS* (GASTROPODA,
PULMONATA, LYMNAEIDAE)**

Державний природознавчий музей НАН України, м. Львів, Україна
e-mail: gural.roman@gmail.com

Ключові слова: прісноводні молюски, біоіндикація, іони важких металів

Прісноводні молюски – одна з найпоширеніших груп безхребетних тварин, які трапляються у різноманітних типах гідротопів. Завдяки значній екологічній пластичності, окремі види молюсків можуть успішно заселяти навіть водойми, які перебувають під значним антропогенним впливом. Одним з численних різновидів антропогенного навантаження є забруднення водного середовища чужорідними речовинами. Значну частку серед них становлять іони важких металів (надалі в тексті – ВМ), які не підлягають розпаду, як радіонукліди, та не розкладаються, як токсичні речовини органічної природи [5; 9; 12].

Зважаючи на постійне зростання забруднення водойм іонами ВМ, першочергового значення набуває встановлення рівня забруднення ними водного середовища. Аналізуючи концентрації іонів ВМ у пробах води та донних відкладів, можна отримати лише загальні відомості щодо рівня забруднення в даний момент часу. У зв'язку з цим для отримання цілісної картини щодо рівня забруднення гідротопу, поряд з гідрохімічними дослідженнями води на вміст іонів ВМ, слід додатково проводити біологічний моніторинг, із залученням гідробіонтів у ролі тест-організмів [7; 8; 12].

Зважаючи на особливості біології та екології, найкраще для цього підходять популяції прісноводних молюсків. Прісноводні молюски є малорухливими, у них слабо виражена реакція уникання. Крім того, вони характеризуються своєчасною реакцією на відносно невеликі концентрації чужорідних речовин унаслідок процесу акумуляції та чіткої фіксації швидкості зміни забруднення [3–6].

Перспективність використання прісноводних молюсків у якості біондикаторів, а також недостатнє висвітлення в проаналізованій нами літературі рівня забруднення гідротопів, розташованих у басейні верхів'я р. Дністер, іонами ВМ стало рушієм щодо проведення даної роботи.

У результаті проведених нами досліджень фауни та екології прісноводних молюсків у басейні верхів'я р. Дністер було виявлено загалом 39 видів червононогих і двостулкових молюсків. Серед червононогих молюсків лише *Lymnaea stagnalis* (Linnaeus, 1758) траплявся у 5 із 7 досліджених на даній території типів гідротопів [1]. Тому саме цей вид був

обраний в якості модельного для дослідження особливостей накопичення іонів ВМ прісноводними червононогими молюсками в різних типах водойм.

Результати аналогічних досліджень проведених нами, для іншого широко розповсюдженого та екологічно пластичного виду прісноводних молюсків *Planorbis planorbis* (Linnaeus, 1758), описані в попередній публікації [2].

МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ

Молюсків збирали у 4 типах гідротопів (меліоративні канали, рибогосподарські стави, водойми кар'єрного типу і річки), розташованих у басейні верхнього Дністра (в межах Львівської області), у 2005-2006 рр. згідно стандартної методики [11]. У кожному з них було відібрано від 150 до 320 екземплярів цього виду. Під водоймами кар'єрного типу, як у попередніх роботах [1], розуміли постійні стоячі водойми, які виникли на місці видобутку відкритим способом піску і гравію.

У лабораторних умовах попередньо зафіксованих 75° етиловим спиртом молюсків препарували із розділенням на черепашку, вісцеральний мішок (усі внутрішні органи, крім печінки), печінку і ногу. Вміст іонів наступних ВМ: Cr^{2+} , Pb^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} визначали згідно стандартних методик, із застосуванням методу емісійного спектрального аналізу на спарених дифракційному і кварцовому спектрографах при фотометрії на реєструючому мікрофотометрі [9, 10]. Загалом проведено близько 320 аналізів. Коефіцієнт біологічного накопичення (надалі у тексті КБН), визначали як співвідношення концентрації ВМ у черепашці молюсків до їх вмісту у водному середовищі [5]. Для аналізу біотопного розподілу вмісту ВМ в організмі модельного виду визначали відносний вміст кожного ВМ у черепашці та м'якому тілі *L. stagnalis* – як співвідношення його концентрації у певному типі гідротопів до середньої концентрації в усіх досліджених типах гідротопів (у відсотках).

РЕЗУЛЬТАТИ І ОБГОВОРЕННЯ

Згідно проаналізованих літературних даних, для прісноводних молюсків характерно концентрування іонів ВМ безпосередньо у черепашці молюсків. Це в першу зумовлено тим, що черепашка формується за рахунок діяльності залозистого епітелію краю мантиї та безпосередньо контактує з оточуючим водним середовищем [5; 9]. Тому аналіз концентрації ВМ лише у черепашці може призвести до отримання невірних результатів щодо ступеня забруднення водного середовища ВМ. У зв'язку з цим було вирішено проаналізувати особливості накопичення ВМ не лише в черепашці модельного виду, але також у його м'якому тілі. Зведені результати дослідження демонструє таблиця 1.

У черепашці та м'якому тілі молюсків, зібраних у меліоративних каналах, найбільшою концентрацією серед усіх досліджених ВМ характеризувався Cr, а найменшою – Cd (для ноги, вісцерального мішка та черепашки) і Cu (для печінки). Загалом ряди концентрацій ВМ (у напрямку їх збільшення) для черепашки та м'якого тіла молюсків, за винятком

печінки, виглядали наступним чином: Cd<Cu<Co<Pb<Cr. У печінці концентрація Cd дещо перевищувала концентрацію Cu (таблиця). Найбільші коливання концентрації у м'якому тілі та черепашці обстежених молюсків відмічені для Cu. Максимальна концентрація цього ВМ у черепашці перевищувала його мінімальну концентрацію у печінці в 2,6 рази.

Таблиця 1

Концентрація іонів важких металів у молюсках *L. stagnalis*

Місце локалізації	Концентрація ВМ мг/г				
	Cu ²⁺	Pb ²⁺	Cd ²⁺	Cr ²⁺	Co ²⁺
меліоративні канали					
Нога	1,55±0,12	9,22±0,11	0,88±0,04	11,33±0,09	5,44±0,99
Вісцеральний мішок	1,60±0,05	8,78±0,09	0,90±0,01	10,66±0,02	4,65±0,11
Печінка	1,28±0,05	9,02±0,10	1,45±0,11	11,22±0,07	5,45±0,11
Черепашка	3,35±0,07	12,45±0,12	1,55±0,05	13,96±0,05	8,02±0,02
КБН	26	217	111	48	74
рибогосподарські стави					
Нога	7,32±0,09	5,55±0,07	0,15±0,02	6,45±0,12	2,66±0,12
Вісцеральний мішок	7,63±0,12	8,87±0,03	0,16±0,03	5,87±0,09	3,45±0,10
Печінка	6,33±0,05	8,65±0,08	сліди	4,35±0,11	2,65±0,05
Черепашка	13,45±0,09	9,37±0,11	0,85±0,09	8,62±0,03	5,62±0,06
КБН	15	184	121	862	937
водойми кар'єрного типу					
Нога	1,48±0,03	4,53±0,02	1,12±0,11	4,45±0,02	4,44±0,01
Вісцеральний мішок	2,33±0,05	3,22±0,01	0,89±0,02	4,67±0,04	4,32±0,03
Печінка	1,20±0,02	6,78±0,09	0,78±0,06	5,02±0,10	4,57±0,09
Черепашка	2,98±0,09	9,98±0,02	1,12±0,02	5,22±0,01	6,08±0,10
КБН	11	32	75	249	68
річки					
Нога	1,20±0,01	2,45±0,01	сліди	7,35±0,07	1,35±0,09
Вісцеральний мішок	1,65±0,09	2,36±0,02	сліди	5,87±0,12	1,45±0,10
Печінка	1,36±0,08	1,48±0,01	сліди	6,34±0,06	1,32±0,09
Черепашка	2,36±0,06	2,87±0,09	сліди	9,87±0,09	2,66±0,12
КБН	7,4	159,4	0,85	282	443

Примітки: КБН – коефіцієнт біологічного накопичення (розрахований для черепашки); сліди – концентрація іонів важких металів менша за 0,008 мг/г.

У молюсків, зібраних у рибогосподарських ставах, найменшою була концентрація Cd. Слідові значення цього ВМ відмічені для печінки, в інших випадках його рівень змінювався в діапазоні від 0,15 до 0,85 мг/г. Найвищі концентрації відмічені для Cu (в черепашці та нозі) та Pb (у вісцеральному мішку та печінці). Серед проаналізованих ВМ найбільшою динамікою концентрації у різних частинах тіла молюсків характеризувався Cd (див. вище). На другому місці знаходився Cu, максимальна концентрація якого в черепашці перевищувала мінімальну концентрацію в печінці в 2,1 рази.

Аналіз вибірок, зібраних у водоймах кар'єрного типу, показав, що в найменшій мірі молюски накопичували Cd, а в найбільшій – Pb (таблиця). Найбільшою динамікою концентрації у різних частинах тіла молюсків серед усіх досліджених ВМ відзначався Pb. Його максимальна концентрація в черепащі перевищувала мінімальну у вісцеральному мішку в 3,1 рази.

У молюсків, зібраних у річках, найменшими (слідовими) концентраціями характеризувався Cd, а найбільшими – Cr. Найбільш інтенсивно змінювалась концентрація Co. Максимальна концентрація цього ВМ у черепащі удвічі перевищувала його мінімальну концентрацію у печінці (таблиця).

Незважаючи на значну різницю в гідрохімічних умовах, створених у різних типах гідротопів, можна прослідкувати певні тенденції щодо накопичення модельним видом досліджених ВМ. Незалежно від типу гідротопу, максимальні концентрації ВМ спостерігалися в черепащі (таблиця). Найменшими концентраціями, незалежно від типу гідротопу, де були зібрані молюски, і локалізації ВМ в їх організмі, характеризувався Cd. Найвищі концентрації відмічені для наступних ВМ: у меліоративних каналах – для Cr і Pb; у рибогосподарських ставах – для Cu, Pb і Cr; у водоймах кар'єрного типу – для Pb, Co і Cr, у річках – для Cr (таблиця).

Коефіцієнт біологічного накопичення дає додаткову інформацію щодо особливостей накопичення ВМ, оскільки його значення тісно пов'язані з рівнем забруднення конкретного гідротопу певними ВМ [5]. У меліоративних каналах найбільші значення КБН спостерігалися для Pb і Cd; у рибогосподарських ставах і річках – для Co і Cr; у водоймах кар'єрного типу – для Cr (таблиця).

Додаткову інформацію щодо ступеня забруднення водного середовища ВМ може надати також аналіз біотопного розподілу їх вмісту в організмі модельного виду (див. методику). Біотопний розподіл вмісту Cu в організмі *L. stagnalis* нерівномірний і коректно відображає рівень забруднення водного середовища цим ВМ. Чітко виражений максимум відносної концентрації характерний для особин, зібраних у рибогосподарських ставах, мінімум – у річках. Одержані дані відповідають реальному стану забруднення водного середовища, оскільки саме в рибогосподарських ставах нами було відмічено перевищення рівня ГДК для Cu [1].

Для біотопного розподілу вмісту Pb в організмі *L. stagnalis* характерним є чітко виражений мінімум у річкових гідротопах. А максимальна концентрація цього ВМ відмічена у молюсків з меліоративних каналів. Концентрація Pb у цьому типі гідротопів удвічі перевищує ГДК, а за чисельним значенням знаходиться на другому місці після водойм кар'єрного типу [1].

Аналогічно до Pb, біотопний розподіл вмісту Cd в організмі *L. stagnalis* характеризується максимумом у меліоративних каналах, а мінімумом – у

річкових гідротопах. Це відображає реальну картину забруднення водного середовища даним ВМ. Відносно невисокі концентрації Cd в організмі молюсків, зібраних у рибогосподарських ставах і річках, відповідають слідовим концентраціям даного ВМ у цих типах гідротопів. А відносно високі концентрації Cd у решті досліджених гідротопів відповідають більшому вмісту цього ВМ у водному середовищі, який перевищує значення ГДК [1].

Максимальні відносні концентрації Cr в організмі *L. stagnalis* зареєстровані в меліоративних каналах, мінімальні – у водоймах кар'єрного типу. Максимальний вміст Cr у водному середовищі, який у 10 разів перевищував значення ГДК, також відмічений нами в меліоративних каналах [1]. Загалом особливості концентрування Cr в організмі модельного виду точно відображають реальну картину забруднення водного середовища досліджених гідротопів даним ВМ.

Для Co максимальні відносні концентрації відмічені в меліоративних каналах, мінімальні – в річкових гідротопах. Відносно високими є також концентрації цього ВМ в організмі молюсків, зібраних у водоймах кар'єрного типу. Вміст Co у воді також був найбільшим у меліоративних каналах та у водоймах кар'єрного типу. У першому випадку він у 1,2 рази перевищував значення ГДК [1].

Розглянемо найбільш імовірні шляхи забруднення гідротопів ВМ і, відповідно, особливості накопичення організмом модельного виду певних ВМ, виходячи з усереднених значень концентрації ВМ в черепашці та різних частинах м'якого тіла молюсків. Так, для Cu максимальна усереднена концентрація була характерна для молюсків, зібраних у рибогосподарських ставах. Основною причиною цього є антропогенне втручання, яке проявляється у внесенні купоросовмісних речовин. Ці речовини обмежують розвиток водоростей, що викликають "цвітіння" води, яке може спричинити замор риби в ставку. Найбільші значення усередненої концентрації Pb в організмі *L. stagnalis* спостерігалися в молюсків з меліоративних каналів і рибогосподарських ставів. Це може бути зумовлено тим, що обстежені водойми даних типів межували з трасами з інтенсивним автомобільним рухом, які можуть бути потенційним джерелом забруднення води Pb. Підвищені усереднені концентрації Cd у м'якому тілі та черепашці молюсків, зібраних у меліоративних каналах і водоймах кар'єрного типу, можна пояснити наступним чином. Згідно літературних даних [8, 9], найбільш імовірним джерелом забруднення гідротопів цим ВМ є розклад рослинних і тваринних решток, які в масовій кількості представлені в даних типах гідротопів. Досить великі значення усередненої концентрації Co у молюсках, зібраних у меліоративних каналах і водоймах кар'єрного типу, також можна пояснити інтенсивним розкладом рослинних і тваринних решток. Найбільша усереднена концентрація Cr виявлена у молюсках з меліоративних каналів. Головним джерелом забруднення гідротопів цим

ВМ, згідно літературних даних [8], є неочищені комунальні стоки населених пунктів і підприємств. Це цілком співпадає з розміщенням обстежених гідротопів в околицях населених пунктів.

ВИСНОВКИ

Незважаючи на різницю умов існування популяцій модельного виду в різних типах обстежених гідротопів та відмінності в їх гідрохімічному стані, можна виявити певні закономірності в накопиченні ВМ в організмі *L. stagnalis*. Найбільші концентрації ВМ в усіх випадках відмічені для черепашки. Черепашка, з одного боку, безпосередньо контактує з водним середовищем і, відповідно, з розчиненими у воді ВМ, з іншого, формується за рахунок дії залоз молюска, що також накладає своєрідний відбиток на концентрування в ній ВМ. Аналіз вмісту ВМ лише в черепашці може призвести до неправильних (завищених) результатів. Тому при використанні прісноводних молюсків у якості біоіндикаторів для встановлення рівня забруднення гідротопів ВМ потрібно залучати також і м'які частини тіла модельних видів, паралельно із гідрохімічними дослідженнями гідротопів.

Серед досліджених ВМ у меліоративних каналах найвищі концентрації відмічені для Cr і Pb; у рибогосподарських ставах – для Cu, Pb і Cr; у водоймах кар'єрного типу – для Pb, Co і Cr, у річках – для Cr. Розраховані значення КБН вказують на те, що у меліоративних каналах черепашки модельного виду найінтенсивніше накопичували Pb і Cd; у рибогосподарських ставах і річках – Co і Cr; у водоймах кар'єрного типу – Cr (таблиця). Біотопний розподіл усереднених концентрацій вмісту окремого ВМ в черепашці та м'якому тілі молюсків модельного виду добре відображає реальну картину забруднення водного середовища цим ВМ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гураль Р.І. Прісноводні малакокомплекси басейну верхів'я Дністра: структура, вплив природних і антропогенних чинників: Автореф. дис. ... канд. біол. наук / Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича. Чернівці, 2010. – 24 с.
2. Гураль Р.І. Особливості накопичення іонів важких металів молюсками *Planorbis planorbis* (Linnaeus, 1758) // Вестн. зоол. – 2013. – Т.47 (5). – С.463-468.
3. Киричук Г.Е. Особенности накопления ионов тяжелых металлов в организме пресноводных моллюсков // Гидробиол. журн. – 2006. – Т.42, №4. – С. 99-111.
4. Киричук Г.Є. Фізіолого-біохімічні механізми адаптації прісноводних молюсків до змін біотичних та абіотичних чинників водного середовища: Автореф. ... докт. біол. наук / Інститут гідробіології НАН України. – Київ, 2011. – 46 с.
5. Курамшина Н.Г. Гастроподы в биотестировании продуктов нефтехимии, нефтепереработки и биоиндикации тяжелых металлов та территории Башкортостана: Автореф. дисс ... доктора биологических наук / Институт экологии растений и животных УрО РАН. Екатеринбург, 1997. – 45 с.
6. Лукашов Д.В. Органоспецифічність нагромадження важких металів молюсками *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758) в умовах забрудненого середовища // Наук. зап. Терноп. пед. у-ту імені Володимира Гнатюка. Серія Біологія. – 2008. – Т. 22, вип. 1-2. – С. 89-93.

7. Лукашов Д.В. Екологічне нормування забруднення важкими металами прісноводних екосистем України з використанням організмів-акумуляторів (на прикладі молюсків): ... докт. біол. наук / Київський національний університет імені Тараса Шевченка. – Київ, 2011. – 36 с.
8. Мур Дж. В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния. – М.: Мир, 1987. – 280 с.
9. Никаноров А.М., Жулидов А.В. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 311 с.
10. Руководство по химическому и технологическому анализу воды. – М.: Стройиздат, 1973. – 271 с.
11. Стадниченко А.П. Прудовиковые и чашечковые (Lymnaeidae, Acroloxidae) Украины – К.: Центр учебной литературы, 2004. – 327 с.
12. Хокс Х.А. Биологический контроль качества речной воды (исходные положения и экологическая обоснованность): Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – С. 176–188.

Гураль Р.И

**ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ
МОЛЛЮСКАМИ *LYMNAEA STAGNALIS* (GASTROPODA,
PULMONATA, LYMNAEIDAE)**

Ключевые слова: тяжелые металлы, биоиндикация, пресноводные моллюски, *Lymnaea stagnalis* (Linnaeus, 1758).

Проанализированы особенности накопления ионов тяжелых металлов в организме модельного вида пресноводных моллюсков в гидротопках разного типа. Максимальные концентрации тяжелых металлов отмечены в раковине. Содержание тяжелых металлов в раковине и мягком теле *L. stagnalis*, в целом, адекватно отражает степень загрязнения ими водной среды, что делает возможным использование этого вида в качестве биоиндикатора.

Gural R.I.

**PECULIARITIES OF ACCUMULATION OF HEAVY METALS IONS
BY MOLLUSCS *LYMNAEA STAGNALIS* (GASTROPODA,
PULMONATA, LYMNAEIDAE)**

Key words: heavy metals, bioindications, freshwater molluscs, *Lymnaea stagnalis* (Linnaeus, 1758).

Analysed cumulation peculiarities in the organism of the freshwater molluscs of the heavy metals in the water biotopes of the various types. The greatest concentrations of the heavy metals were observed in the shell. The content of the heavy metals in the shell and the soft body of the *L. stagnalis* in the general equivalently reflect the degree of the pollution of the water environment by the heavy metals. This lets to use the given species as the bioindicator.