

УДК 594.3

## ОСОБЛИВОСТІ НАКОПИЧЕННЯ ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ МОЛЮСКАМИ *PLANORBIS PLANORBIS* (GASTROPODA, PULMONATA)

Р. І. Гураль

Державний природознавчий музей НАН України,  
вул. Театральна, 18, Львів, 79008 Україна  
E-mail: gural@museum.lviv.net; gural.roman@gmail.com

**Особенности накопления ионов тяжёлых металлов моллюсками *Planorbis planorbis* (Gastropoda, Pulmonata).** Гураль Р. И. — Проанализированы особенности накопления ионов тяжёлых металлов в организме модельного вида пресноводных моллюсков в гидротопях разного типа. За редкими исключениями, максимальные концентрации тяжёлых металлов наблюдались в раковине. Содержание тяжёлых металлов в раковине и мягком теле *Planorbis planorbis* (Linnaeus, 1758) в целом адекватно отражает степень загрязнения ими водной среды, что делает возможным использование этого вида в качестве биоиндикатора.

Ключевые слова: тяжёлые металлы, биоиндикация, пресноводные моллюски, *Planorbis planorbis*.

**Peculiarities of Accumulation of Heavy Metals Ions by Molluscs *Planorbis planorbis* (Gastropoda, Pulmonata).** Gural R. I. — The peculiarities of the organism of the fashion species of the freshwater molluscs in the water biotopes of the various types were analysed. With the rare exception 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 *Planorbis planorbis* (Linnaeus, 1758) 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.

Key words: heavy metals, bioindications, freshwater molluscs, *Planorbis planorbis*.

### Вступ

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). До цієї групи належать більше 40 елементів періодичної системи, з атомною масою більше 50 атомних одиниць (Мур, Рамамурти, 1987). Особливо небезпечною властивістю іонів ВМ є те, що потрапивши одного разу до складу гідроекосистеми, вони не підлягають розпаду, як радіонукліди, та не розкладаються, як токсичні речовини органічної природи (Курамшина, 1997; Никаноров, Жулидов, 1991; Хокс, 1977).

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. Крім того, на кінцевий результат мають значний вплив абіотичні чинники зовнішнього середовища (Мур, Рамамурти, 1987). 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 (Киричук, 2006, 2011; Лукашов, 2011; Хокс, 1977).

Зважаючи на особливості біології та екології, найкраще для цього підходять популяції прісноводних молюсків. Прісноводні молюски є малорухливими та у них слабо виражена реакція уникання. Додатковою причиною використання молюсків з метою індикації рівня забруднення водного середовища іонами ВМ є їхня своєчасна реакція на відносно невеликі концентрації чужорідних речовин внаслідок процесу акумуляції та чітка фіксація швидкості зміни забруднення (Курамшина, 1997; Киричук, 2006; Лукашов, 2008). Перспективність використання прісноводних молюсків у якості біоіндикаторів, 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 моллюсків у басейні верхів'я р. Дністер було виявлено загалом 39 видів червоногих і двостулкових моллюсків. Серед червоногих моллюсків лише *Planorbis planorbis* (Linnaeus, 1758) траплявся у 6 із 7 досліджених на даній території типів гідротопів (Гураль, 2010). Тому саме цей вид був обраний в якості модельного для дослідження особливостей накопичення іонів ВМ прісноводними червоногими моллюсками в різних типах водойм.

### Матеріал і методи

Моллюсків *Planorbis planorbis* (Linnaeus, 1758) збирали у 4 типах гідротопів (меліоративні канали, рибогосподарські стави, водоймах кар'єрного типу і річках), розташованих у басейні верхнього Дністра (в межах Львівської області), протягом 2001–2009 рр. згідно стандартних методик (Стадницько, 1990). У кожному з них було відібрано від 100 до 300 екземплярів цього виду. Під водоймами кар'єрного типу, як у попередніх роботах (Гураль, 2010), розуміли постійні стоячі водойми, які виникли на місці видобутку відкритим способом піску і гравію. В астатичних мікробіотопах і заплавах річок, де також були виявлені популяції *P. planorbis* (Гураль, 2010), подібні дослідження не проводили у зв'язку із нестабільністю умов існування моллюсків у таких водоймах.

У лабораторних умовах попередньо зафіксованих 75°-ним етиловим спиртом моллюсків препарували із розділенням на черепашку, вісцеральний мішок (усі внутрішні органи, крім гепатопанкреаса), гепатопанкреас і ногу. Отриманий матеріал трьохкратно промивали дистильованою водою і фіксували 95°-ним спиртом, крім черепашки, яку розтирали в фарфоровій ступці до порошкоподібного стану. Вміст наступних іонів ВМ:  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  і  $\text{Co}^{2+}$ , визначали згідно зі стандартними методиками, із застосуванням методу емісійного спектрального аналізу на спарених дифракційному і кварцовому спектрографах при фотометрії на реєструючому мікрофотометрі (Руководство..., 1973). Загалом проведено близько 415 аналізів. Коефіцієнт біологічного накопичення (надалі у тексті КБН) визначали як співвідношення концентрації ВМ у черепашці моллюсків до їхнього вмісту у водному середовищі (Курамшина, 1997). Відносний вміст кожного ВМ у черепашці та м'якому тілі *P. planorbis*, представлені на графіках, визначали як співвідношення його концентрації у певному типі гідротопів до середньої концентрації в усіх досліджених типах гідротопів (у відсотках).

### Результати і обговорення

Згідно з літературними даними, для досліджених ВМ характерно концентрування у черепашці моллюсків (Курамшина, 1997; Никаноров, Жулидов, 1991). Це можна пояснити насамперед тим, що черепашка, по-перше, формується за рахунок діяльності залозистого епітелію краю мантиї, а це впливає на концентрацію ВМ у ній; по-друге, черепашка безпосередньо контактує з оточуючим водним середовищем. Відповідно частина ВМ, що перебувають у зваженому стані, можуть адсорбуватися нею. У зв'язку з цим дослідження концентрації ВМ лише в черепашці прісноводних моллюсків може призвести до отримання невірних висновків щодо ступеня забруднення гідротопу ВМ. Виходячи з цих припущень, було вирішено проаналізувати особливості накопичення іонів ВМ не лише в черепашці, але й у внутрішніх органах моллюсків *P. planorbis*, зібраних у різних типах гідротопів.

У моллюсках з меліоративних каналів концентрація ВМ зменшувалася в такій послідовності:  $\text{Cr—Pb—Co—Cu—Zn—Cd}$ . Для кожного з досліджених ВМ характерно нерівномірне накопичення в організмі обстежених моллюсків. Найбільші концентрації усіх ВМ, за винятком Cd, зафіксовано у черепашці *P. planorbis*. Концентрація Cd у гепатопанкреасі в 1,1 рази перевищувала його вміст у черепашці моллюсків. Натомість мінімальний вміст ВМ (табл. 1) відзначено у нозі (для Cd — 0,97 мг/г), у вісцеральному мішку (для Zn і Cd — 1,23 і 1,05 мг/г відповідно), у гепатопанкреасі (для Cu — 1,20 мг/г). Максимальна концентрація Cu (відзначена у черепашці — див. вище) у 5,6 разів перевищувала його мінімальну концентрацію (у гепатопанкреасі). Вміст інших досліджених ВМ в організмі *P. planorbis* коливався значно менше, а різниця між їхніми максимальною і мінімальною концентраціями не перевищувала 2,6 рази.

У моллюсків, зібраних в рибогосподарських ставах, концентрація ВМ зменшувалася у послідовності:  $\text{Zn—Cu—Pb—Cr—Co—Cd}$ . Аналогічно до меліоративних каналів, найбільшу концентрацію Cd зареєстровано в гепатопанкреасі, у решті

досліджених ВМ — у черепашці *P. planorbis*. Мінімальний вміст Cu і Zn відзначено у гепатопанкреасі, Pb і Cd — у нозі, Cr і Co — у вісцеральному мішку (табл. 1). При порівнянні концентрацій ВМ у різних частинах тіла моллюсків найстабільнішим виявився вміст Pb, найбільш мінливим — Cd. Відповідно максимальні концентрації цих ВМ перевищували мінімальні в 1,6 і 11,1 рази. На відміну від меліоративних каналів (див. вище), концентрація Cu характеризувалася значно меншою мінливістю, максимальна концентрація цього ВМ в черепашці лише в 2,6 рази перевищувала мінімальну концентрацію в гепатопанкреасі.

У водоймах кар'єрного типу вміст ВМ в організмі *P. planorbis* зменшувався в послідовності: Pb—Co—Cr—Cu—Zn—Cd. Максимальний вміст Cr зареєстровано у вісцеральному мішку, у решті досліджених ВМ — у черепашці. Мінімальні концентрації Cu, Cr і Co відзначено у гепатопанкреасі, Zn і Cd — у нозі, Pb — у вісцеральному мішку (табл. 1). Максимальна концентрація перевищувала мінімальну в 4,5 рази для Cu, у 2,9 рази для Zn, лише в 1,1–1,5 рази для решти ВМ.

У моллюсків з річок концентрація ВМ зменшувалася в послідовності: Cr — Cu—Co—Zn—Pb—Cd. Максимальну концентрацію відзначено в нозі для Co, у черепашці — для решти ВМ. Мінімальний вміст зареєстрований у гепатопанкреасі для Cu, Pb і Cd, у вісцеральному мішку — для Zn, Cr і Co (табл. 1). Аналогічно до меліоративних каналів (див. вище), спостерігалися значні коливання вмісту Cu в організмі *P. planorbis*, при цьому його максимальна концентрація у черепашці перевищувала мінімальну концентрацію у печінці в 7,7 разів.

Спільною ознакою моллюсків з усіх досліджених гідротопів є максимальна концентрація ВМ у черепашці, за деякими винятками. Так, у моллюсків, зібраних у меліоративних каналах і рибогосподарських ставах, концентрація Cd була максимальною у гепатопанкреасі; у водоймах кар'єрного типу Cr в найбільшій мірі накопичувався у вісцеральному мішку; у річках максимальна концентрація Co спостерігалася в нозі (табл. 1). Найменшими концентраціями у м'якому тілі та черепашці моллюсків, зібраних в усіх чотирьох типах гідротопів, характеризувався Cd. Найбільше особини *P. planorbis* накопичували такі ВМ: у меліоративних каналах і річках — Cr, у рибогосподарських ставах — Zn, у водоймах кар'єрного типу — Pb (табл. 1). Використовуючи коефіцієнт Стьюдента для порівняння концентрації ВМ у черепашці *P. planorbis* з різних типів гідротопів зафіксовано достовірну різницю для усіх досліджених ВМ при  $p = 0,05$ , за винятком концентрації Cd у моллюсків з меліоративних каналів, ставів і водойм кар'єрного типу.

Значення коефіцієнту біологічного накопичення (КБН) свідчать про ступінь поглинання ВМ з водного середовища, яка залежить насамперед від рівня забруднення гідротопу конкретним елементом (Курамшина, 1997). Найбільші значення КБН спостерігалися при аналізі концентрації Cr і Co у черепашці моллюсків з рибогосподарських ставів, а найменші — для Zn у меліоративних каналах (табл. 1). У меліоративних каналах найбільші значення КБН були характерні для Pb і Cd. Раніше саме для цих елементів нами зафіксовано перевищення рівня ГДК у водному середовищі меліоративних каналів (Гураль, 2010). У водоймах кар'єрного типу найбільше значення КБН відзначено для Cr, у річках — для Co і Cr (табл. 1). У водному середовищі даних типів гідротопів Cr також характеризувався досить високим рівнем концентрації, який в окремих випадках перевищував значення ГДК (Гураль, 2010).

Додаткову інформацію щодо ступеня забруднення водного середовища ВМ може надати аналіз біотопного розподілу їхнього вмісту в організмі модельного виду (рис. 1). Аби полегшити аналіз одержаних даних, порівнювали не абсолютний, а відносний вміст ВМ, виражений у відсотках від їхньої середньої концентрації в черепашках і м'якому тілі *P. planorbis* з усіх досліджених типів гідротопів. Аналізуючи отримані цифри, можна зробити наступні висновки. Біотопний роз-

Таблиця 1. Концентрація іонів важких металів в молюсках *P. planorbis*Table 1. The concentration of heavy metals in molluscs *P. planorbis*

Місце локалізації	Концентрація іонів важких металів, мг/г					
	Cu <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	Cr <sup>3+</sup>	Co <sup>2+</sup>
Меліоративні канали						
Нога	1,72 ± 0,08	1,45 ± 0,01	10,22 ± 0,11	0,97 ± 0,01	10,32 ± 0,10	4,46 ± 0,02
Вісцеральний мішок	1,79 ± 0,02	1,23 ± 0,08	9,86 ± 0,07	1,05 ± 0,04	11,22 ± 0,09	4,79 ± 0,03
Печінка	1,20 ± 0,02	1,96 ± 0,10	11,22 ± 0,09	1,34 ± 0,08	12,35 ± 0,11	5,02 ± 0,07
Черепашка	6,72 ± 0,09	3,22 ± 0,03	13,44 ± 0,12	1,22 ± 0,16	14,42 ± 0,12	8,89 ± 0,11
КБН	26	11	217	111	48	74
Рибогосподарські стави						
Нога	8,87 ± 0,10	1,62 ± 0,06	6,63 ± 0,09	0,12 ± 0,04	6,47 ± 0,07	3,61 ± 0,10
Вісцеральний мішок	6,72 ± 0,09	12,03 ± 0,10	9,37 ± 0,06	0,22 ± 0,05	4,75 ± 0,10	2,45 ± 0,09
Печінка	5,22 ± 0,08	5,25 ± 0,09	7,35 ± 0,10	1,33 ± 0,06	6,35 ± 0,09	3,72 ± 0,02
Черепашка	13,52 ± 0,12	16,14 ± 0,10	10,45 ± 0,09	1,25 ± 0,07	9,61 ± 0,04	6,72 ± 0,05
КБН	15	67	205	179	961	1120
Водойми кар'єрного типу						
Нога	1,34 ± 0,02	1,56 ± 0,04	8,86 ± 0,10	0,87 ± 0,03	5,03 ± 0,08	5,02 ± 0,10
Вісцеральний мішок	1,65 ± 0,11	1,87 ± 0,02	7,89 ± 0,02	0,98 ± 0,02	5,21 ± 0,05	4,97 ± 0,01
Печінка	1,23 ± 0,02	1,78 ± 0,09	8,78 ± 0,04	1,09 ± 0,08	4,89 ± 0,11	4,86 ± 0,03
Черепашка	5,56 ± 0,07	4,56 ± 0,12	11,67 ± 0,10	1,10 ± 0,03	4,90 ± 0,02	5,66 ± 0,03
КБН	21	21	38	73	233	63
Річки						
Нога	1,56 ± 0,05	1,66 ± 0,08	1,55 ± 0,04	0,21 ± 0,01	7,68 ± 0,10	2,64 ± 0,20
Вісцеральний мішок	1,85 ± 0,06	1,32 ± 0,05	2,05 ± 0,08	0,15 ± 0,02	6,53 ± 0,09	1,87 ± 0,10
Печінка	1,25 ± 0,07	2,05 ± 0,12	1,47 ± 0,10	сліди	6,85 ± 0,03	1,95 ± 0,08
Черепашка	9,57 ± 0,10	3,56 ± 0,06	2,95 ± 0,06	0,97 ± 0,09	10,22 ± 0,12	2,26 ± 0,03
КБН	30	16,2	164	139	292	377

Примітка. КБН — коефіцієнт біологічного накопичення (розрахований для черепашки); сліди — концентрація важких металів менша за 0,008 мг/г.

поділ вмісту Cu в черепашці та м'якому тілі модельного виду нерівномірний і коректно відображає рівень забруднення водного середовища цим ВМ (Гураль, 2010). Чітко виражений максимум відносної концентрації спостерігається для молюсків, зібраних у рибогосподарських ставах (рис. 1). Це співпадає з перевищенням рівня ГДК для Cu у гідротопах цього типу (Гураль, 2010).

Біотопний розподіл Zn загалом нагадує розподіл Cu. Чітко виражений максимум також спостерігається у рибогосподарських ставах (рис. 1). Мінімум відносної концентрації є характерним для меліоративних каналів. Слід зазначити, що у цьому випадку графік біотопного розподілу ВМ в організмі модельного виду не співпадає з даними, отриманими при аналізі вмісту цинку у воді. Серед ділянок, на яких були відібрані молюски, максимальна концентрація Zn у водному середовищі була відзначена в меліоративних каналах, а не в рибогосподарських ставах (Гураль, 2010). Можливо, це пов'язано з додатковим екстрагуванням цього ВМ з водної рослинності та рослинного опаду (Мур, Рамамурти, 1987), які в значно більшій мірі розвиваються у водоймах рибогосподарських ставів.

Для біотопного розподілу вмісту Pb у черепашці та м'якому тілі *P. planorbis* характерним є чітко виражений мінімум у річкових гідротопах. А максимальна відносна концентрація цього ВМ відзначена для молюсків, зібраних у меліоративних каналах (рис. 1). У першу чергу це зумовлено тим, що концентрація Pb у меліо-

ративних каналах удвічі перевищує ГДК, а за чисельним значенням знаходиться на другому місці після водойм кар'єрного типу (Гураль, 2010). Слід зазначити, що у водоймах кар'єрного типу також спостерігалася досить висока концентрація цього ВМ в організмі модельного виду (рис. 1).

Аналогічно до Pb, біотопний розподіл вмісту Cd в м'якому тілі *P. planorbis* характеризується максимумом у меліоративних каналах і водоймах кар'єрного типу, а мінімумом — у річкових гідротопах (рис. 1, б). Одержані дані досить точно відображають реальну картину забруднення водного середовища даним ВМ. Відносно невисокі концентрації Cd в черепашці моллюсків, зареєстровані в 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. У той самий час біотопний розподіл Cd у черепашці модельного виду (рис. 1, а) є дещо згладженим порівняно з проаналізованим вище біотопним розподілом цього ВМ у м'якому тілі моллюсків (рис. 1, б). І в даному випадку мінімум припадає на річкові гідротопи, проте максимум зареєстрований не у меліоративних каналах, а в рибогосподарських ставах (рис. 1, а).

Максимальна відносна концентрація Cr у черепашці та м'якому тілі *P. planorbis* зареєстрована в меліоративних каналах, мінімальна — у водоймах кар'єрного типу (рис. 1). Максимальний вміст Cr у водному середовищі, який у 10 разів перевищував значення ГДК, також спостерігався в меліоративних каналах (Гураль, 2010).

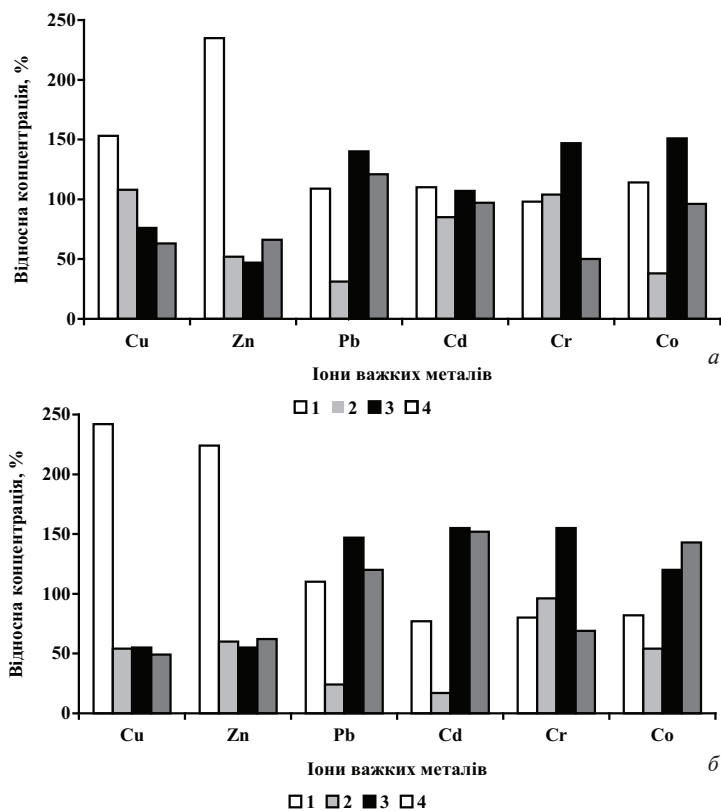


Рис. 1. Топічний розподіл важких металів у черепашці (а) і м'якому тілі (б) *Planorbis planorbis*. 1 — рибогосподарські стави, 2 — річки, 3 — меліоративні канали, 4 — водойми кар'єрного типу. Відносна концентрація розрахована по відношенню до середньої концентрації для усіх типів гідротопів.

Fig. 1. Topical distribution of heavy metals in the shell (a) and soft body (б) *Planorbis planorbis*. 1 — fish-breeding ponds, 2 — river, 3 — drainage channels, 4 — career. The relative concentration is calculated relative to the average concentration for all types of water biotopes.

Для Со максимальна відносна концентрація була відзначена в меліоративних каналах (для м'якого тіла моллюсків) або у водоймах кар'єрного типу (для їхніх черепашок), мінімальна в обох випадках — у річкових гідротопах (рис. 1). Досить високою є також відносна концентрації цього ВМ в черепащі моллюсків, зібраних у водоймах кар'єрного типу (рис. 1, а). Вміст Со 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 (Гураль, 2010).

## Висновки

Незважаючи на значну різницю екологічних умов у кожному з обстежених типів гідротопів, спостерігається певна подібність у накопиченні ВМ модельним видом моллюсків. Так, найбільша концентрація ВМ, за окремими винятками, спостерігалася в черепащі, яка, з одного боку, безпосередньо контактує з водним середовищем і відповідно з розчиненими у ньому ВМ, а з іншого, — формується внаслідок дії залоз організму, що також впливає на концентрацію ВМ у черепащі.

Біотопний розподіл вмісту досліджених ВМ у черепащі та м'якому тілі *P. planorbis* загалом коректно відображає рівень забруднення ними водного середовища. Проте в деяких випадках доцільніше орієнтуватися на концентрацію окремих ВМ саме у м'якому тілі. Зокрема, у нашій роботі це було показано для Сд.

Володіючи інформацією щодо ступеня забруднення водного середовища ВМ та особливостей їхнього накопичення в організмі модельних видів прісноводних моллюсків, можна зробити висновок щодо їхньої біоіндикаційної цінності. У кінцевому результаті це має призвести до вибору саме тих видів, концентрація ВМ в організмі яких найдостовірніше відображає ступінь забруднення водного середовища. Наші дослідження довели, що одним з таких видів можна вважати *P. planorbis*. Додатковою підставою для використання саме цього виду в якості біоіндикатора є його значна екологічна пластичність і відповідно досить висока щільність заселення різних типів гідротопів.

## Список літератури

- Гураль Р. І. Прісноводні малакокомплекси басейну верхів'я Дністра: структура, вплив природних і антропогенних чинників : Автореф. дис. ... канд. біол. наук. — Чернівці, 2010. — 24 с.
- Киричук Г. Е. Особенности накопления ионов тяжелых металлов в организме пресноводных моллюсков // Гидробиол. журн. — 2006. — 42, № 4. — С. 99–111.
- Киричук Г. Е. Фізіолого-біохімічні механізми адаптації прісноводних моллюсків до змін біотичних та абіотичних чинників водного середовища : Автореф. дис. ... д-ра біол. наук. — К., 2011. — 46 с.
- Курамшина Н. Г. Гастроподы в биотестировании продуктов нефтехимии, нефтепереработки и биоиндикации тяжелых металлов та территории Башкортостана : Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. — Екатеринбург, 1997. — 45 с.
- Лукашов Д. В. Органоспецифічність нагромадження важких металів моллюсками *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758) в умовах забрудненого середовища // Наук. зап. Терноп. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Сер. Біол. — 2008. — 22, вип. 1–2. — С. 89–93.
- Лукашов Д. В. Екологічне нормування забруднення важкими металами прісноводних екосистем України з використанням організмів-акумуляторів (на прикладі моллюсків) : Автореф. дис. ... д-ра біол. наук. — Київ, 2011. — 36 с.
- Мур Дж. В., Раммурти С. Тяжелые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния. — М. : Мир, 1987. — 280 с.
- Никаноров А. М., Жулидов А. В. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах. — Л. : Гидрометеоиздат, 1991. — 311 с.
- Руководство по химическому и технологическому анализу воды. — М. : Стройиздат, 1973. — 271 с.
- Стадниченко А. П. Прудовикообразные (пузырчковые, витушковые, катушковые). — Киев : Наук. думка, 1990. — 292 с. — (Фауна Украины ; Моллюски. Т. 29, вып. 4).
- Хокс Х. А. Биологический контроль качества речной воды (исходные положения и экологическая обоснованность) : Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. — Л. : Гидрометеоиздат, 1977. — С. 176–188.

Отримано 12 травня 2011

Прийнято 14 вересня 2012