

УДК 574.64:594
<https://doi.org/10.33989/2414-9810.2019.5.2.194443>

Т. В. Пінкіна, А. А. Пінкін

Житомирський національний агроекологічний університет
 вул. Старий Бульвар, 7, Житомир, 10008
pininatv61@gmail.com
 ORCID 0000-0001-9443-8406

ОЦІНКА ВПЛИВУ ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА ХАРЧОВУ ПОВЕДІНКУ МОЛЮСКІВ (GASTROPODA)

У гострому експерименті (48 год) встановлено вплив іонів важких металів (купруму, кадмію, нікелю, цинку, кобальту, мангану) на основні трофологічні характеристики: величину середньодобового раціону (BCP) та тривалість проходження корму (ТПК) у ставковика озерного (*Lymnaea stagnalis*, L.) в різних діапазонах концентрацій зазначених токсикантів. Окрім цього, нами встановлено загальну кількість спожитого молюсками корму у розчинах різних концентрацій поллютантів протягом хронічного досліді (30 днів) і перераховано на одну особину (величина середньомісячного раціону – ВСМР). Отримані результати дали можливість зробити висновки щодо інтенсивності споживання корму за різного рівня інтоксикації. У розчинах гостролетальних концентрацій тварини гинуть упродовж перших днів токсичного впливу внаслідок ураження їхніх тканин та систем органів. У такому середовищі молюски практично не харчуються, тому неможливо встановити показники живлення. Хронічні летальні концентрації досліджуваних поллютантів різко пригнічують живлення ставковиків. Розчини з іонами важких металів у діапазоні сублетальних концентрацій спочатку спричиняють певну стимулюючу дію на травну систему молюсків, котра, по мірі подовження перебування у токсичному середовищі, змінюється пригніченням травної функції. У діапазоні підпорогових концентрацій вплив даних токсикантів не слід вважати безпечним оскільки мають місце кумулятивні властивості важких металів – з подовженням тривалості впливу вони переходять до розряду сублетальних концентрацій. Нами відмічена тенденція щодо зменшення основних трофологічних показників молюсків зі збільшенням концентрації важких металів у середовищі. Зменшення в розчинах сублетальних концентрацій кількості їжі, яку споживають ставковики, в певній мірі компенсується подовженням тривалості знаходження корму у травному тракту молюсків.

Ключові слова: *Lymnaea stagnalis* L., Cu^{2+} , Cd^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , трофологічні характеристики, токсичність.

Вступ. Живлення гідробіонтів тісно пов'язане з кругообігом речовин у водоймах. Це привертає увагу дослідників до необхідності вивчення механізму живлення та його характеру у водних тварин (Сушкіна, 1949). Встановлено селективність живлення у низки розповсюджених видів гідробіонтів, серед них і у *Lymnaea stagnalis* (Linné, 1758) (Родина, 1957). За лабораторного утримання ставковики з задоволенням поїдають капусту, моркву, листя кульбаби та салат (Строганов, Данильченко, & Амочаева, 1977). Інтенсивність споживання корму тваринами залежить не тільки від його якості, але й від його кількості (Зейферт, 1990). Про кількість спожитої їжі свідчить величина середньодобового раціону, що відображає співвідношення між масою спожитого корму та масою молюска (Стадниченко, & Коцюк, 1990). За лабораторних досліджень встановлено, що швидкість споживання корму після досягнення максимальних значень не збільшується при підвищенні його кількості (Сущень, 1975). Визначення частки спожитого корму проводиться експериментально по наповненню травного тракту та по швидкості проходження їжі через нього (Kerr, 1982). Уперше зазначені показники, які характеризують живлення тварин, при дослідженні трофіки прісноводних молюсків (*L. stagnalis* та *Planorbis corneus*, Linne, 1758) використала А. П. Сушкіна (1949). Функціональний взаємозв'язок між організмом молюска та середовищем їх існування у відношенні купруму та цинку вивчений частково (Выскушенко, 2002). О. М. Василенко (2004) визначене значення показників величини середньодобового раціону та тривалості проходження корму для *Lymnaea palustris* (O. F. Muller, 1774) за впливу іонів кадмію.

При проведенні токсикологічних експериментів, насамперед, слід звертати увагу на живлення тварин у токсичному середовищі, оскільки харчова поведінка може бути показником чутливості тварин до дії токсикантів (інтенсивність або пригніченість споживання корму).

Відомості щодо трофологічних характеристик *L. stagnalis* за впливу іонів нікелю, кобальту та мангану відсутні, так як і значення величини середньомісячного раціону для всіх досліджених нами металів. Тому метою нашої роботи було встановлення основних трофологічних показників *L. stagnalis* за перебування у середовищі, затруєному іонами важких металів.

Матеріали та методи. Уже стає загальноприйнятим, що для токсикологічних експериментів досить зручними об'єктами виступають черевоногі легеневі молюски (Брень, 1999). Тому нами обрано представника малакофауни Центрального (Житомирського) Полісся – черевоногого молюска ставковика озерного *L. stagnalis* (L.) (Пінкіна Т., & Пінкін А., 2018).

Як матеріал для токсикологічного дослідження відібрали однорозмірних молюсків (середня висота мушлі – $39,5 \pm 1,1$ мм), які були зібрані у р. Тетерів (м. Житомир).

Умови експерименту: температура води – $19-23^{\circ}\text{C}$, рН $7,2-8,6$, вміст кисню $8,6-8,9$ мг/дм³ (Пінкіна Т., & Пінкін А., 2018). Токсиканти – Cu^{2+} , Cd^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} водного середовища. Воду з водогінної мережі м. Житомир відстоювали 1 добу і на ній готували розчини.

У якості корму використали листя кульбаби та моркву, які поїдаються ставковиками досить охоче.

Проведено два попередніх токсикологічних дослідів (Алексеев, 1981). У першому визначали летальні і недіючі концентрації. Діапазон концентрацій між ними обрано вихідним для основного дослідів. У другому – встановлювали діапазони гостролетальних, хронічних летальних, сублетальних та підпорогових концентрацій, які пізніше використали в основному досліді (по одній із кожного діапазону концентрацій) (табл.).

Таблиця

Концентрації іонів важких металів (мг/дм³) у основному досліді

Іон	Концентрації			
	Гостролетальні	Хронічні летальні	Сублетальні	Підпорогові
Cu^{2+}	4	0,04	$4 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-8}$
Cd^{2+}	5	0,05	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-6}$
Ni^{2+}	10	0,05	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-6}$
Zn^{2+}	15	0,5	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-5}$
Co^{2+}	25	2,5	0,25	0,03
Mn^{2+}	110	30	0,3	0,03

Потрібну концентрацію токсикантів створювали додаванням у воду розрахованих (за катіоном) кількостей хлоридів металів. Контрольною групою були тварини, які утримувались у чистій воді.

Величину добового споживання корму кожною окремо взятою особиною визначали за різницею його маси до початку та після закінчення дослідів за формулою:

$$X = \frac{A - P}{P} \cdot 100$$

де X – величина середньодобового раціону ставковика; A – маса спожитого молюском корму, г; P – загальна (сира) маса його тіла, г.

Для визначення тривалості проходження корму (ТПК) через травний тракт молюсків годували морквою. Після чого давали корм зеленого кольору (листя кульбаби). Обраховували тривалість проходження корму через травний тракт як різницю між часом появи перших екскрементів, які містили залишки цього корму та початком споживання "зеленого" корму.

Також встановлено кількість спожитого молюсками корму протягом усього хронічного дослідів (30 діб) і перераховано на одну особину.

Отримані цифрові дані оброблено з використанням стандартних методів варіаційної статистики (Лакин, 1990) та в пакетах MS Excel та Statsoft Statistica 10.0.

Результати та їх обговорення. Корм є основною ланкою, яка зв'язує організми з зовнішнім середовищем. Токсичне середовище спричиняє додатковий негативний вплив на фізіологічні відправлення тварин. Тому вивчення особливостей трофіки ставковика у середовищі, що містить іони важких металів є досить цікавим.

Нами досліджено 3 основні трофологічні показники, а саме: величина середньодобового раціону (ВСР), тривалість проходження корму (ТПК) і величина середньомісячного раціону (ВСМР). ВСР та ТПК – одні з найважливіших трофологічних характеристик для розуміння інтенсивності споживання корму організмом за різних умов та закономірностей перетравлення корму і засвоєння поживних речовин.

Як показали результати наших досліджень, величина середньодобового раціону (рис. 1) та тривалість проходження корму через травний тракт (рис. 2) коливаються у досить значних межах. Мінімальні та максимальні значення цих показників становлять відповідно: 1,55–2,73% та 350–440 хв за впливу іонів купруму; 1,65–3,45% та 341–483 хв – іонів кадмію; 2,52–4,94% та 396–477 хв – іонів нікелю; 1,05–2,92% та 338–467 хв – іонів цинку; 1,30–1,74% та 360–944 хв – іонів кобальту і 2,18–4,65% та 302–423 хв за впливу іонів мангану. За результатами дослідів О.А. Цихон-Луканіної (1987) розмах показників живлення для ставковиків також досить великий (іноді до 85%).

У діапазоні гостролетальних концентрацій з 40 піддослідних екземплярів ставковиків, лише окремі екземпляри (близько 7–9% від загальної кількості молюсків) спорадично проявляли слабку кормову активність.

Загалом, харчова активність ставковиків (зокрема, відмова окремих особин від їжі) за дії на них важких металів водного середовища є досить індивідуальною. Так, у діапазонах підпорогових концентрацій від корму відмовляються лише поодинокі особини, або таких і зовсім немає. У діапазонах сублетальних концентрацій таку тенденцію проявляють 7–10% від загальної кількості молюсків. Тоді як у розчинах хронічних летальних концентрацій до 30% тварин майже зовсім не споживають корм.

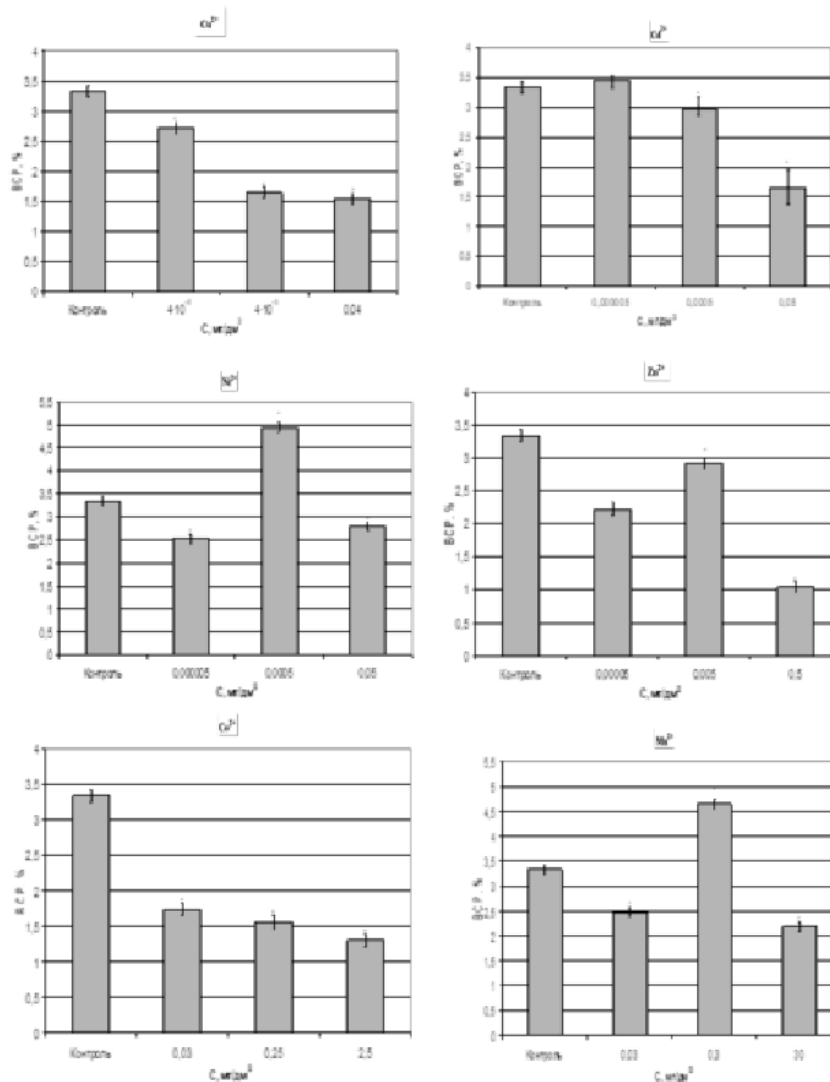
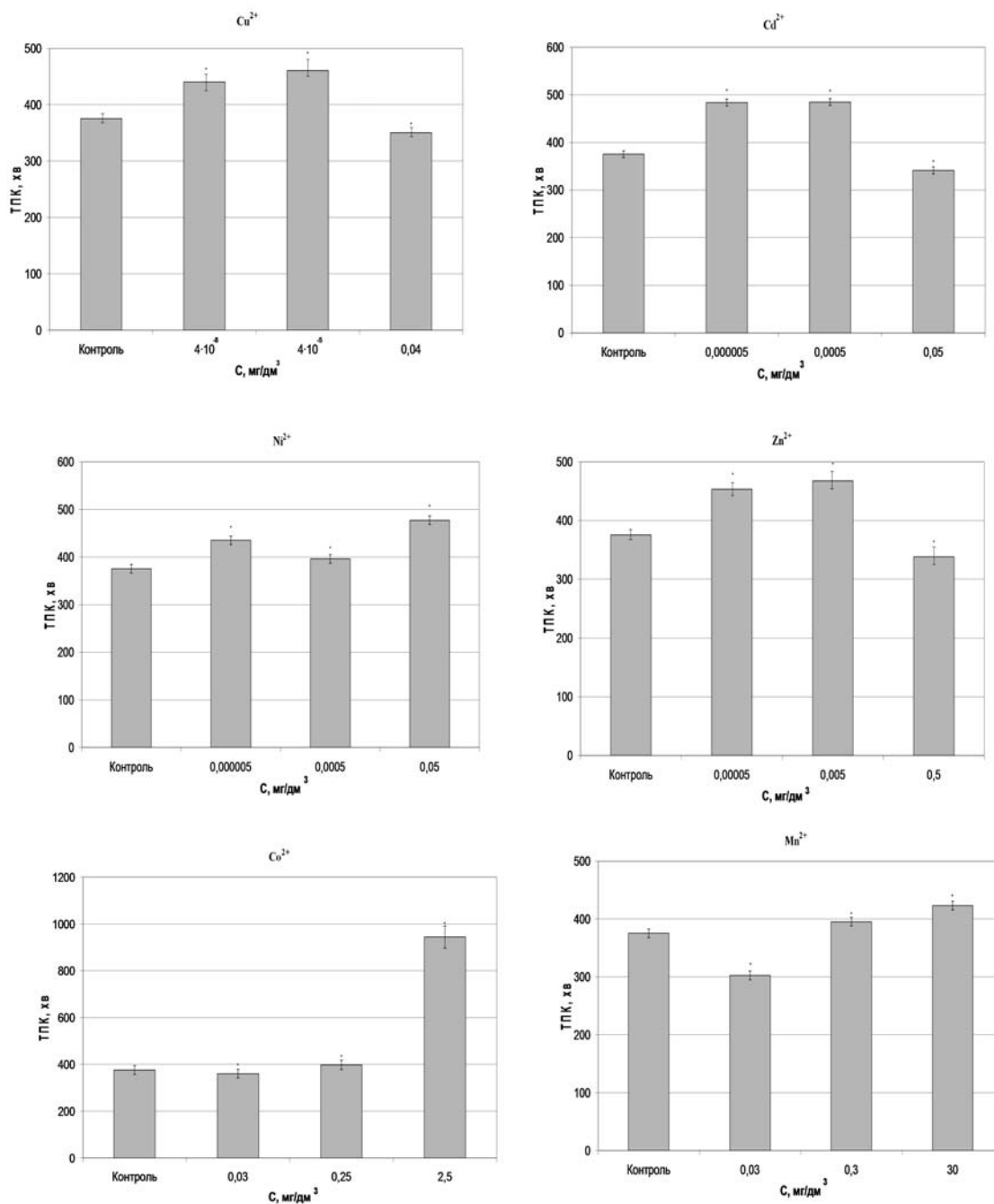


Рис. 1. Величина середньодобового раціону (%) *L. stagnalis* за дії іонів важких металів (Cu^{2+} , Cd^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+}) водного середовища; $\bar{x} \pm m_x$; $n = 6$. * – відмінності порівняно з контролем вірогідні.

Дослідженням впливу усіх використаних у дослідах концентрацій іонів купруму на значення ВСР ставковика з'ясовано, що воно прогресуюче знижується (рис. 1). Можливо, щоб якимось чином компенсувати мале споживання корму, статистично вірогідно ($P < 0,05$) збільшується час проходження його через травний тракт ставковиків за концентрацій $4 \cdot 10^{-5}$ та $4 \cdot 10^{-8}$ мг/дм³ (рис. 2). І лише за концентрації 0,04 мг/дм³ спостерігається як зниження кількості спожитого корму, так і тривалість її проходження ($P < 0,05$). Це вказує на посилення токсичного впливу купруму за цієї концентрації, що проявляється у пригніченні процесів травлення.

Рис. 2. Тривалість проходження корму (хв) *L. stagnalis* за дії іонів важких металів (Cu^{2+} , Cd^{2+} ,



Ni^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+}) водного середовища; $x \pm m_x$; $n = 6$. * – відмінності порівняно з контролем вірогідні.

За дії на моллюсків іонів кадмію у них за концентрації $5 \cdot 10^{-6}$ мг/дм³ кількість спожитого за добу корму збільшується незначно, тоді як тривалість проходження корму зростає у 1,3 рази. З підвищенням концентрації токсиканта спостерігається зниження ВСР (рис. 1). Показники ТПК за концентрації $5 \cdot 10^{-4}$ мг/дм³ достовірно

підвищуються, що у певній мірі забезпечує підвищення основного обміну у тварин, а зі збільшенням концентрації іонів кадмію у середовищі суттєво знижуються (рис. 2). Отже, за концентрації $0,05 \text{ мг/дм}^3$ молюски уже не здатні протистояти патогенному впливу поллютанту.

При дослідженні впливу іонів нікелю на особливості живлення ставковика спостерігаємо дещо іншу динаміку змін показників живлення, ніж в розчинах з іонами кадмію. За концентрації $5 \cdot 10^{-6} \text{ мг/дм}^3$ іонів нікелю у середовищі ВСР у 1,3 рази зменшується, а ТПК майже у стільки ж разів збільшується. За сублетальних концентрацій ($0,005 \text{ мг/дм}^3$) спостерігається зворотна тенденція: значення ВСР у 1,5 рази зростає, тоді як проходження корму по травному тракту уповільнюється (рис. 1, 2). У розчинах більших концентрацій Ni^{2+} ($0,05 \text{ мг/дм}^3$), споживання корму знову зменшується, що вказує на сильну депресію процесів травлення молюсків. Значення ТПК у розчинах з іонами нікелю у відповідь на зниження ВСР зростають.

З підвищенням концентрації іонів цинку спостерігається зниження значень ВСР (рис. 1). Як відповідь на це значення ТПК спочатку зростають, що дозволяє компенсувати у якійсь мірі токсичний вплив, а потім, з розвитком депресивної фази загального патологічного процесу отруєння, на якій відбувається пригнічення захисно-приспосувальних властивостей цих тварин, досить суттєво знижуються (рис. 2). Розглядаючи зміну ТПК за різних концентрацій іонів цинку у воді, можна стверджувати, що зростання його значень у розчинах $5 \cdot 10^{-5} \text{ мг/дм}^3$ та $5 \cdot 10^{-3} \text{ мг/дм}^3$ лише частково може компенсувати прогресуюче падіння ВСР досліджуваного нами молюска.

Встановлено, що у розчинах з іонами кобальту значення ВСР також знижується з підвищенням концентрації (рис. 1). Значення ТПК з підвищенням концентрації токсиканту спочатку ростуть досить повільно і за концентрації $0,25 \text{ мг/дм}^3$ вони вищі за контроль лише на 5,8%. При $2,5 \text{ мг/дм}^3$ цього іону у середовищі підвищення величини досліджуваного показника продовжується, зростаючи стрибкоподібно на 151,6% (у 2,5 рази) щодо контролю (рис. 2). Це свідчить про надзвичайно сильне враження травної системи ставковика високими концентраціями іонів кобальту, що викликає параліч кишечника і порушення його перистальтики. Більшість тварин у цих розчинах взагалі відмовляються від корму.

Зміна величини показників живлення під впливом іонів мангану у воді відбувається подібно до того, як це має місце за дії решти досліджуваних металів: зі зростанням концентрації токсиканту у середовищі, спостерігається тенденція до зниження ВСР та підвищення ТПК (рис. 1, 2) (Пінкіна Т., & Пінкін А., 2018). За усіх досліджуваних концентрацій іонів мангану величина цих показників має статистично вірогідну різницю з контролем ($P < 0,05$).

Беручи до уваги кумулятивні властивості іонів важких металів, нами було обраховано величини середньомісячного раціону молюсків (у перерахунку на одну особину), що дає можливість більш конкретно говорити про порушення процесів травлення цих тварин. У результаті цих досліджень встановлено, що кількість споживаного ставковиками корму з підвищенням концентрації токсикантів прогресуюче знижується. Така ж закономірність встановлена і під час 48-годинної експозиції. Проте результати хронічного експерименту показують більш різке зниження кількості спожитого корму з підвищенням концентрації іонів металів у середовищі (рис. 3). Це можна пояснити наростанням токсичного впливу означених поллютантів внаслідок їх накопичення у тілі молюсків.

Відсутність статистично вірогідної різниці порівняно з контролем у розчинах з іонами купруму за концентрацій $4 \cdot 10^{-5}$ та $4 \cdot 10^{-8} \text{ мг/дм}^3$ (рис. 3) і наявність такої за умови гострого дослідження (рис. 1) вказує на те, що тварини, занурені в токсичне середовище, спочатку різкіше на нього реагують.

Динаміка змін досліджуваної величини у розчинах з іонами кадмію дуже нагадує таку ж у розчинах іонів купруму.

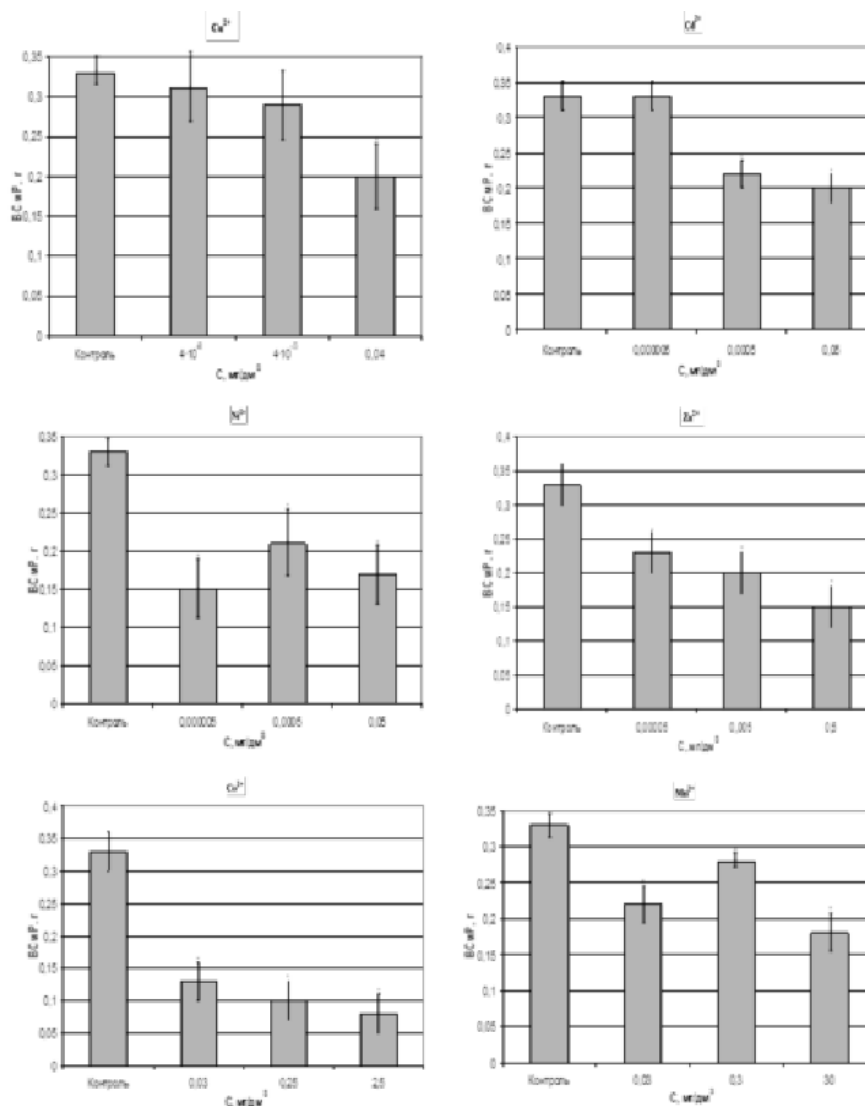


Рис. 3. Величина середньомісячного раціону (г) *L. stagnalis* за дії іонів важких металів (Cu^{2+} , Cd^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+}) водного середовища; $\bar{x} \pm m_x$; $n = 4$. * – відмінності порівняно з контролем вірогідні.

Травна система молюсків досить чутлива до впливу іонів нікелю. І якщо за концентрації $5 \cdot 10^{-4}$ мг/дм³ спостерігається незначна стимуляція цієї функції і споживання корму падає у 1,5 рази порівняно з контролем, то як за низьких ($5 \cdot 10^{-6}$ мг/дм³), так і за вищих ($0,05$ мг/дм³) концентрацій цього полютанту у середовищі споживання корму зменшується вдвічі ($P < 0,05$).

У розчинах з іонами цинку та мангану ВСМР з підвищенням концентрації закономірно знижується ($P < 0,05$) (рис. 3). За впливу іонів кобальту з підвищенням концентрації означеного токсиканту спостерігається чітко виражена депресія трофічних процесів у ставковиків. За концентрації $0,03$ мг/дм³, на яку молюски зовсім не реагують змінами етології, споживання корму падає у 2,5 рази, а за концентрації $2,5$ мг/дм³ навіть у 4 рази (рис. 3). Аналогічні дані було отримано і під час 48-годинного дослідження.

Отримані результати вказують на важливість аналізу трофологічних показників тварин в токсикологічних дослідженнях, оскільки яскраво висвітлюють загальний фізіологічний стан особин, які знаходяться у токсичному середовищі. За показниками живлення ставковик озерний є досить чутливим до впливу іонів важких металів.

Висновки. Наведені вище результати наших досліджень свідчать про те, що живлення досить чутливо відображає зміни інтенсивності та направленості обмінних процесів у *L. stagnalis*. Це дозволяє використовувати застосовувані нами показники як індикатори функціонального стану організму в нормі і за дії на них екстремальних подразників хімічної природи.

За впливу хронічних летальних концентрацій досліджуваних поллютантів спостерігаємо депресію живлення: патологічні процеси в організмі молюсків переважають над захисними і пристосувальними, а це викликає зниження величин середньодобового та середньомісячного раціонів і тривалості проходження корму через травний тракт. Зменшення споживання корму і подовження тривалості проходження корму через травний тракт молюсків спостерігається за впливу сублетальних концентрацій важких металів. За змінами трофологічних показників встановлено, що ставковик озерний найбільш чутливий до впливу Ni^{2+} і Co^{2+} . Це можна пояснити тим, що важкі метали, з одного боку мають загальний токсичний вплив на організми, а з другого – можуть специфічно впливати на різні функціональні системи. Такі особливості можна використати як тест-реакції організму для біомоніторингу стану якості природних вод.

Список використаної літератури:

- Алексеев В. А. Основные принципы сравнительно-токсикологического эксперимента. *Гидробиологический журнал*. 1981. Т. 17, № 3. С. 92–100.
- Брень Н. В. Использование беспозвоночных для мониторинга загрязнения водных экосистем тяжелыми металлами. *Гидробиологический журнал*. 1999. Т. 35, № 4. С. 75–88.
- Василенко О. М. Ионы тяжелых металлов у раціоні *Lymnaea palustris* (Mollusca, Pulmonata). *Вісник ДАУ*. 2004. № 2. С. 284–287.
- Выкушенко Д. А. Реагирование прудовика озерного (*Lymnaea stagnalis* L.) на воздействие сульфата меди и хлорида цинка. *Гидробиологический журнал*. 2002. Т. 38, № 4. С. 86–92.
- Зейферт Д. В. Количественные аспекты питания наземных моллюсков. *Энергетика питания и роста животных*. Свердловск : УИЦ АН СССР, 1990. С. 105–130.
- Лакин Г. В. Биометрия. Москва : Высш. шк., 1990. 351 с.
- Пінкіна Т. В., Пінкін А. А. Оцінка токсикорезистентності ставковика озерного (Mollusca: Gastropoda) до впливу йонів мангану (II) у водному середовищі. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. № 8 (1). P. 719–729.
- Родина А. Г. Возможность использования метода меченых атомов для решения вопроса о выборности пищи у водных животных. *Зоологический журнал*. 1957. Т. 36, № 3. С. 337–343.
- Стадниченко А. П., Коцюк Р. В. Влияние различных концентраций поверхностно-активных веществ на величину суточных рационов и продолжительность прохождения пищи у *Lymnaea stagnalis*, инвазированного паразитами *Echinostoma revolutum*. *Паразитология*. 1990. Вып. 6. С. 528–532.
- Строганов Н. С., Данильченко О. П., Амочаева Е. И. Изменение пластического обмена моллюсков *Lymnaea stagnalis* под влиянием трибутиловохлорида в малых концентрациях. *Биологические науки*. 1977. № 4. С. 75–78.
- Сушкина А. П. Питание и рост некоторых брюхоногих моллюсков. *Труды Всесоюзного гидробиологического общества*. 1949. Ч. 1. С. 118–131.
- Суццєня Л. М. Количественные закономерности питания ракообразных. Минск : Наука и техника, 1975. 206 с.
- Цихон-Луканина Е. А. Трофология водных моллюсков. Москва : Наука, 1987. 176 с.
- Kerr S. R. Estimating the energy budget of actively predatory fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 1982. No. 39(3). P. 371–379.

T.V. Pinkina, A.A. Pinkin

Zhytomyr National Agroecological University

EVALUATION OF THE HEAVY METALS IONS INFLUENCE ON THE TROPHIC BEHAVIOR OF MOLLUSCS (GASTROPODA)

*In an acute experiment (48 h), the influence of ions of heavy metals (copper, cadmium, nickel, zinc, cobalt, manganese) were investigated for the basic trophological indicators of pond snails (*Lymnaea stagnalis*, L.): the average daily ration (ADR) and the duration of food passage (DFP) in various concentration ranges of the toxicants. We also determined the total amount of mollusk food consumed in the solutions with various concentrations of pollutants during the chronic experiment (30 days) and it was calculated for an individual (average monthly ration – AMR). The obtained results enabled us to draw conclusions about the intensity of food intake at different levels of intoxication. In solutions of acute lethal concentrations, snails die within the first days of toxic exposure as a result of damage to their tissues and organ systems. In such an environment, the mollusks almost do not eat, so it is not possible to establish trophic indicators. Chronic lethal concentrations of toxicants dramatically inhibit the nutrition of pond snails. At the beginning of the experiment solutions of heavy metals with sublethal concentrations give some stimulatory effect on the digestive system of mollusks that is replaced by its suppression in case of longer being in the toxic environment. The influence of toxicants within a subthreshold limit cannot be considered safe because of the cumulative properties of heavy metals – they become sublethal with prolonged exposure time. We have noticed a tendency to decrease the basic trophic indicators of mollusks with the increasing of heavy metals concentration in the environment. The reduction of the amount of food consumed by ponds in sublethal concentrations is offset by the prolonged time of the forage keeping in the digestive tract of mollusks.*

Key words: *Lymnaea stagnalis* L., Cu^{2+} , Cd^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , trophic characteristics, toxicity.

References

- Alekseev, V. A. (1981). Osnovnye printsipy sravnitel'no-toksikologicheskogo eksperimenta [The basic principles of the comparative toxicological experiment]. *Hydrobiological Journal*, 17(3), 92-100 [in Russian].
- Bren', N. V. (1999). Ispol'zovanie bespozvonochnykh dlya monitoringa zagryazneniya vodnykh ekosistem tyazhelymi metallami [Use of invertebrates to monitor pollution of aquatic ecosystems by heavy metals]. *Hydrobiological Journal*, 34(5), 75-88 [in Russian].

- Kerr, S. R. (1982). Estimating the energy budget of actively predatory fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 39(3), 371-379.
- Lakin, G. V. (1990). *Biometriya [Biometrics]*. Moskva: Vyssh. shk. [in Russian].
- Pinkina, T. V., & Pinkin, A. A. (2018). Otsinka toksykorezystentnosti stavkovyka ozernoho (Mollusca: Gastropoda) do vplyvu yoniv manhanu (II) u vodnomu seredovyshchi [Estimation of the toxic resistance of pond lake (Mollusca: Gastropoda) to the influence of mangan (II) ions of the water environment]. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(1), 719-729 [in Ukrainian].
- Rodina, A. G. (1957). Vozmozhnost' ispol'zovaniya metoda mechenykh atomov dlya resheniya voprosa o vybornosti pishchi u vodnykh zhyvotnykh [The possibility of using the method of labeled atoms to solve the problem of food selectivity in aquatic animals]. *Zoologicheskii zhurnal [Zoological Journal]*, 36(3), 337-343 [in Russian].
- Stadnichenko, A. P., & Kotsyuk, R. V. (1990). Vliyanie razlichnykh kontsentratsii poverkhnostno-aktivnykh veshchestv na velichinu sutochnykh ratsionov i prodolzhitel'nost' prokhozheniya pishchi u Lymnaea stagnalis, invazirovannogo partenitami Echinostoma revolutum [The effects of different concentrations of surfactants on the value of the daily rations and duration of food passage in Lymnaea stagnalis infected with Echinostoma revolutum Parthenitae]. *Parazitologiya*, 6, 528-532 [in Russian].
- Stroganov, N. S., Danil'chenko, O. P., & Amochaeva, E. I. (1977). Izmenenie plasticheskogo obmena mollyuskov Lymnaea stagnalis pod vliyaniem tributilolovokhlorida v malykh kontsentratsiyakh [Change in plastic exchange of molluscs Lymnaea stagnalis under the influence of tributyltinchloride in low concentrations]. *Biological Science*, 4, 75-78 [in Russian].
- Sushchenya, L. M. (1975). *Kolichestvennye zakonomernosti pitaniya rakoobraznykh [Quantitative patterns of feeding crustaceans]*. Minsk: Nauka i tekhnika [in Russian].
- Sushkina, A. P. (1949). Pitanie i rost nekotorykh bryukhonogikh mollyuskov [Nutrition and growth of some gastropods]. *Trudy Vsesoyuznogo gidrobiologicheskogo obshchestva [Proceedings of the All-Union Hydrobiological Society]*, 1, 118-131 [in Russian].
- Tsikhon-Lukanina, E. A. (1987). *Trofologiya vodnykh mollyuskov [Trophology of aquatic molluscs]*. Moskva: Nauka [in Russian].
- Vasylenko, O. M. (2004). Iony vazhkykh metaliv u ratsioni Lymnaea palustris (Mollusca, Pulmonata) [Ions of heavy metals in the ration of Lymnaea palustris (Mollusca, Pulmonata)]. *Visnyk DAU [Bulletin of DAU]*, 2, 284-287 [in Russian].
- Vyskushenko, D. A. (2002). Reagirovanie prudovika ozernogo (Lymnaea stagnalis L.) na vozdeistvie sul'fata medi i khlorida tsinka [The response of the lake pond (Lymnaea stagnalis L.) to the effects of copper sulfate and zinc chloride]. *Hydrobiological Journal*, 38(4), 86-92 [in Russian].
- Zeifert, D. V. (1990). Kolichestvennye aspekty pitaniya nazemnykh mollyuskov [Quantitative aspects of terrestrial molluscs' nutrition. Power of nutrition and growth of animals]. In S. N. Postnikov (Ed.), *Energetika pitaniya i rosta zhyvotnykh [Power of nutrition and growth of animals]* (pp. 105-130). Sverdlovsk: UNTs AN SSSR [in Russian].

Отримано 27.09.2019