

ВПЛИВ ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА ВЕЛИЧИНУ СЕРЕДНЬОДОБОВОГО РАЦІОНУ *LYMNAEA GUERETINIANA* (MOLLUSCA: PULMONATA)

Василенко О.М., Онищук І.П.

Житомирський державний університет імені Івана Франка
вул. Бердичівська, 40, 10008, м. Житомир
o.vasyliisa@gmail.com, irinashpin@gmail.com

Встановлено вплив різних концентрацій іонів Cd^{2+} та Zn^{2+} на величину середньодобового раціону *Lymnaea gueretiniana* під час споживання ним різних видів корму (листя частухи, тополі, рдесника та стебел латаття). Встановлено, що патологічний процес викликаний дією токсикантів, характеризується фазністю перебігу. *Ключові слова:* *Lymnaea*, іони кадмію, іони цинку, середньодобовий раціон.

Влияние ионов тяжелых металлов на величину среднесуточного рациона *Lymnaea gueretiniana* (Mollusca: Pulmonata).

Василенко О.Н., Онищук И.П. Исследовано влияние различных концентрированных ионов Cd^{2+} и Zn^{2+} на среднесуточный рацион *Lymnaea gueretiniana* при приеме различных видов пищи (*Alisma*, *Potamogeton*, *Nymphaea*, *Populus*). Установлено, что патологического процесс, который вызван влиянием этих токсинов, характеризуется наличием фаз. *Ключевые слова:* *Lymnaea*, ионы кадмия, ионы цинка, среднесуточный рацион.

The influence ions on amount of the average daily ration *Lymnaea gueretiniana* (Mollusca: Pulmonata). **Vasylenko O.M., Onischuk I.P.**

Here is researched an influence of different concentrated ions Cd^{2+} and Zn^{2+} on amount of the average daily ration *Lymnaea gueretiniana* during taking different food types (*Alisma*, *Potamogeton*, *Nymphaea*, *Populus*). It has been established that pathological progress evolution which colled by influence of this toxin, is characterized by phases presence. *Key words:* *Lymnaea*, the cadmium ions, the zinc ions, the average daily ration.

Постановка проблеми. Господарська діяльність людини здійснює все більший вплив на умови формування та використання водних ресурсів, їхні кількісні й якісні зміни. Вона визначається безпосереднім використанням води для виробничих, соціальних, господарсько-питних потреб, прямою зміною режиму та якості води в процесі господарської діяльності [13]. Житомирщина порівняно з іншими областями України належить до регіону з низькою водозабезпеченістю. Загальна площа земель водного фонду області становить 138,62 тис. га, тобто 4,6% від її загальної території [5]. По території Житомирщини протікає 335 річок (довжиною понад 10 км кожна) загальною протяжністю 5,8 тис. км, з яких вісім належать до категорії середніх, 327 є малими та майже 2,5 тис. струмків (довжиною менше 10 км) протяжністю понад 6,1 тис. км [13].

Якість води – обмежений фактор водокористування на тлі різкого зростання попиту на прісну воду загалом [12]. Особливо в останні роки якість природного середовища погіршують важкі метали (ВМ), що вважаються найнебезпечнішими для біоти у зв'язку з токсичністю та здатністю накопичуватися в їхніх організмах [20]. Вони належать до класу консервативних забруднювальних речовин, що не використовуються та не розкладаються у процесі міграції трофічними ланцюгами, володіють мутагенною

та токсичною дією, значно знижують інтенсивність перебігу біохімічних процесів у водних організмах [21]. Деякі з них токсичні навіть за дуже низьких концентрацій [22], а такі важливі мікроелементи, як Fe, Cu і Zn, за високих концентрацій також можуть бути біологічно небезпечними. Доволі часто ВМ можуть надходити у питні води. Відомо, що ВМ сорбуються завислими речовинами та, осідаючи у бенталі, можуть накопичуватися протягом десятків років. Моніторинг ВМ, вивчення процесів їх накопичення та міграції, виявлення чинників, якими ці процеси визначаються, – одні з важливих питань як для оцінки безпеки навколишнього середовища, так і для здоров'я людей [14]. Регіональне забруднення малих річок важкими металами спричинює погіршення якості води у середніх і великих річках, що створює серйозну небезпеку для здоров'я населення [16].

Актуальність дослідження. Біоіндикація дає змогу отримати інтегральну оцінку стану водойми, яка відображає не лише ступінь концентрації ВМ, а й загальний екологічний стан водойми, тому визначення оптимальних біоіндикаторів з-поміж видів, що поширені у водоймах, не лише дасть змогу виявляти забруднення гідроєкосистеми, а й уживати заходів із детоксикації водойми на ранніх етапах, що може бути більш економічно вигідно, ніж усунення наслідків на пізніх етапах, коли дія токсичних речо-

вин може завдавати непоправної шкоди біоті водної екосистеми [9].

Виконані дослідження є складовою частиною комплексних науково-дослідних тем кафедри зоології Житомирського державного університету імені Івана Франка «Прісноводні молюски у системі біологічного моніторингу» (державна реєстрація № 0103V000134).

Аналіз літературних джерел свідчить, що відомості, котрі стосуються трофіки ставковиків, на разі вкрай бідні, розбіжні і здебільшого фрагментарні. Жоден з аспектів їхнього живлення не є повноцінно дослідженим. З кількісних показників відомі значення лише деяких із них (величина середньодобового раціону, тривалість проходження корму через травний тракт, його засвоюваність і швидкість добової асиміляції), і то тільки для одного зі ставковиків – ставковика озерного. Нечисленими є також матеріали щодо впливу токсикантів на трофіку легеневих молюсків. До того ж вони аж ніяк не охоплюють усі аспекти трофіки ставковиків.

Досі залишається малодослідженим вплив іонів важких металів на кількісні показники трофіки ставковиків. Однак встановлено, що за дії 0,2, 0,4 та 0,6 мг/л сульфату міді на ставковика озерного величина середньодобового раціону під час споживання ним частухи прогресуюче знижується [3] від $1,65 \pm 0,09\%$ до $1,56 \pm 0,08$ та $0,74 \pm 0,04\%$ відповідно. Пристосування до патогенного впливу важких металів відбувається за рахунок підвищення коефіцієнту засвоєння корму (за 0,2 мг/л сульфату міді в 1,17 рази проти норми). За більш високих концентрацій токсиканта (0,4 та 0,6 мг/л) патологічні процеси в організмі молюсків починають переважати, що призводить до зниження значень цього трофологічного показника (відповідно до $0,55 \pm 0,02$ та $0,29 \pm 0,02\%$). Подібне характерне й для тривалості проходження корму через травний тракт *L. gueretiniana*. Так, за концентрації 0,2 мг/л сульфату міді цей показник зменшується в 1,2 рази, за 0,4 мг/л – в 1,24, а за 0,6 мг/л – в 1,5 рази.

Досліджено також вплив хлориду цинку [7] у концентраціях 2, 10, 18 мг/л на деякі ланки трофіки *L. gueretiniana*. Зі зростанням концентрації токсиканту відбувається прогресуюче зменшення величини середньодобового раціону на 42%, 45% та 74% відповідно для кожної із застосованих концентрацій. Визначено, що за 2 та 10 мг/л $ZnCl_2$ відбувається зростання засвоюваності корму – на 17% та 7% відповідно, за 18 мг/л – зменшення її на 43%. Тривалість проходження корму через травний тракт зі зростанням умісту токсиканта у воді прогресуюче зменшується: від 11,35% за 2 мг/л $ZnCl_2$ до 20 – за 10 мг/л та на 33% за 18 мг/л хлориду цинку у середовищі.

Відомо, що вплив токсикантів різко відрізняється від впливу екологічних чинників середовища на функціональний стан травних ферментів [8]. Відповідні реакції в організмі на вплив токсиканта

виникають як зовсім нові, чужорідні, що не мають пристосувального характеру. Накопичення токсичної речовини призводить до різкого пригнічення активності більшості фізіологічних і біохімічних процесів, у тому числі й дії травних ферментів.

Установлено [7], що молюскоцидний ефект іонів міді на водяних черевоногих молюсків пов'язаний із блокуванням циклу трикарбонових кислот на рівні α -кетоглутарату. Адже після інкубації протягом шести годин у розчині $CuSO_4$ (2 мг/л) у травній залозі молюсків відзначено значне зниження розчинених у холодній хлорній кислоті вуглеводів, амінокислот, фосфоліпідів та гліцеринів. Уміст пірувата при цьому залишається незмінним, а кількість лактату збільшується на 50%. У присутності ж α -кетоглутарату іони міді викликають зниження активності комплексу кетоглюкодегідрогенази на 92%, аланінотрансферази – на 33% за збільшення активності глюкозо-6-фосфатази на 78%.

Чималий інтерес викликають дослідження сумісної дії трематодної інвазії та іонів важких металів на організм молюсків. Вивченням впливу трематод *Schistosomatium douthiti* та *Trichobilharzia sp.* на молюсків з'ясовано, що патогенний ефект паразитів підвищується під впливом іонів цинку, а також іонів міді [8]. Молюски, інвазовані партенітами трематод, за високої інтенсивності інвазії менше токсикорезистентні, ніж вільні від зараження особини. Отже, інвазія є обтяжуючим чинником, що ускладнює перебіг патологічного процесу, викликаного дією токсиканту. Це підтверджують і деякі трофологічні дослідження [2]. Так, величина середньодобового раціону у інвазованих тварин за помірної інвазії зростає, а за тотальної інвазії різко падає порівняно з незараженими особинами.

Важливість токсикологічних досліджень водяних безхребетних підкреслювалася ще В.Н. Беклемішевим [1], адже спостереження за тваринами у токсичному середовищі можуть розв'язати численні питання гідроекології.

Нами вперше встановлено вплив різних концентрацій іонів Cd^{2+} на основні трофологічні показники молюсків підроду *Peregiana* (Mollusca: Pulmonata) за споживання ним різних видів корму (листя частухи, тополі та стебел латаття).

Отримані для ставковиків трофологічні показники можуть знайти застосування у вирішенні низки важливих завдань екологічної фізіології і продукційної біології. Вони можуть бути використані під час моделювання тих біологічних процесів у гідроекосистемах, які є наслідком антропогенного забруднення водного середовища поллютантами, зокрема іонами важких металів. Бажано, аби кількісні трофологічні показники були враховані під час перегляду значень діючих зараз ГДК рибогосподарських. Наведені у ній матеріали можуть знайти застосування у біотестуванні (у системі екологічного моніторингу стану водного середовища) під час здійснення заходів,

спрямованих на збереження та відтворення водних біоценозів; у практичній роботі працівників рибних господарств.

У лабораторних дослідженнях використано один із найпоширеніших ставковиків як фауни України взагалі, так і згаданого її регіону зокрема *Lymnaea gueretiniana* (Servain, 1881). Для визначення величини середньодобового раціону тварин попередньо аклімували протягом 14 діб до лабораторних умов. Підтримували сталу активну реакцію середовища (рН 7,2–7,5) і температуру води на рівні 16–19°C. Молюсків обсушували фільтрувальним папером, зважували (електронні ваги марки WPS 1200/C) та поміщали одночасно з наважкою корму по одному у заповнені водою ємкості об'ємом 200 мл. Як корм використовували листя чатухи (*Alisma*) і рдесника (*Potamogeton*), повздовж розрізані стебла латаття (*Nymphaea*), проварене та мацероване у воді протягом п'яти діб листя тополі (*Populus*). Наважки корму кожного виду попередньо поміщали між аркушами фільтрувального паперу під тягарем масою в 1 кг на 20 хв. Тривалість досліду – дві доби. Через 24 години воду заміняли свіжою. Після закінчення експерименту корм, що залишився не спожитим, витягували з води, висушували вищезгаданим способом та зважували. За різницею маси наважки та корму, що залишився, визначали величину добового споживання його кожною окремою особиною. Величину середньодобового раціону (у % щодо загальної (сирої) маси тіла моллюсків) розраховували за формулою:

$$x = \frac{a \times 100}{p},$$

де x – величина середньодобового раціону; a – маса спожитого корму; p – загальна (сира) маса тіла моллюска.

Для постановки токсикологічного експерименту готували розчини з концентраціями хлоридів цинку та кадмію, що відповідали значенням ГДК (для іонів цинку – 0,01, для іонів кадмію – 0,005 мг/дм³), 2ГДК, 3ГДК. Токсичне середовище поновлювали через добу. Отримані числові результати дослідів оброблено методами варіаційної статистики за Г.Ф. Лакінім [10].

Відомо, що у легеневих моллюсків, як і у інших гідробіонтів, розвиток патологічного процесу, викликаного дією на

нього токсикантів, характеризується фазністю перебігу [3; 4]. Виділяють такі його фази (у порядку посилення дії токсичних речовин): байдужості, підвищення активності, депресії, сублетальна та летальна. Так, величина середньодобового раціону під час споживання ставковиками різних видів корму за концентрації токсиканта (Zn^{2+}), що відповідає ГДК, зростає проти норми (для листя рдесника в 1,4 рази ($P > 99,9\%$), частухи – в 1,3 ($P > 94,5\%$), тополі та стебел латаття – в 1,2 рази) (рис. 1). Така реакція організму моллюска відповідає фазі підвищення активності. За подальшого збільшення концентрації іонів цинку до 2 ГДК відзначене незначне зростання цього показника проти норми лише для двох видів корму: листя частухи – з $5,2 \pm 0,5\%$ до $5,7 \pm 0,5\%$ та тополі – з $4,2 \pm 0,4\%$ до $4,7 \pm 0,4\%$. Для інших видів корму зафіксоване помітне зменшення величини середньодобового раціону: для листя рдесника – в 1,3, для стебел латаття – в 1,4 рази, що є ознакою фази депресії. Чітко ця фаза простежується за концентрації Zn^{2+} , яка відповідає 3 ГДК. За цієї обставини відбувається різке зменшення

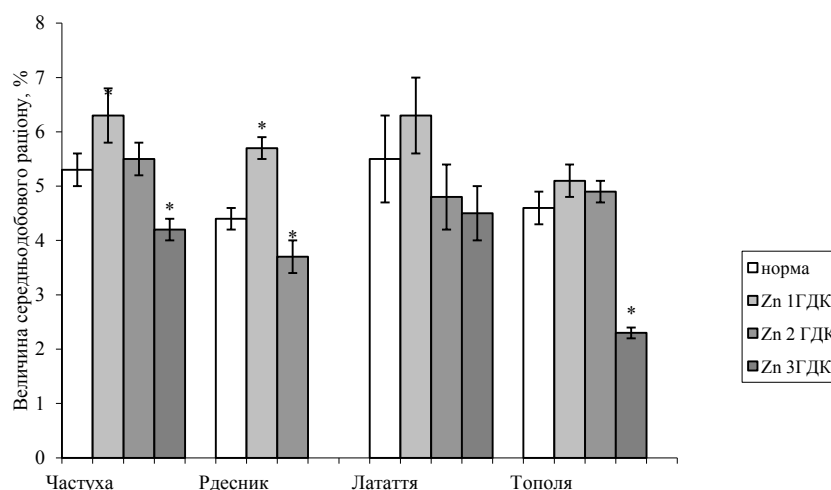


Рис. 1. Вплив Zn^{2+} на величину середньодобового раціону *Lymnaea gueretiniana*

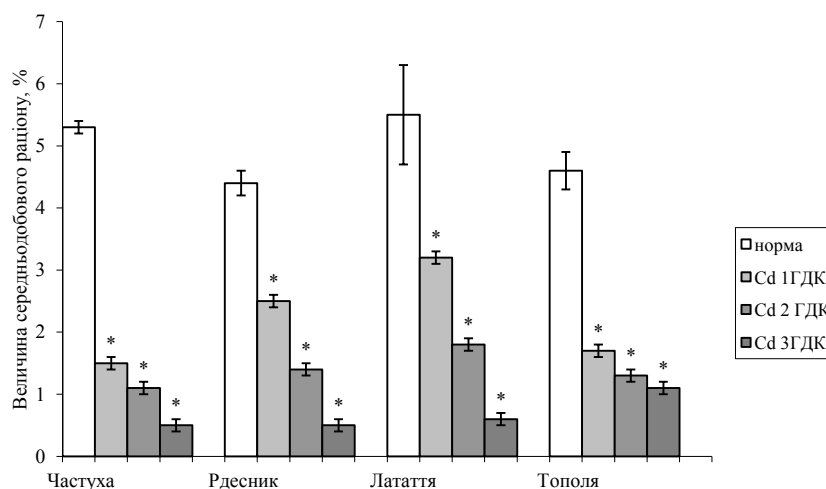


Рис. 2. Вплив Cd^{2+} на величину середньодобового раціону *Lymnaea gueretiniana*

величини середньодобового раціону для всіх видів корму (для листя тополі – у 2,1 рази ($P>99,9\%$), рдесника – в 1,8, частухи – в 1,4 та стебел латаття – в 1,3 рази).

Вплив іонів кадмію на трофіку ставковиків є більш негативним, аніж вплив іонів цинку. За незначної концентрації токсиканту (ГДК) спостерігається різке зменшення величини середньодобового раціону для всіх видів корму ($P>99,9\%$), особливо для листя частухи – у 3,5 рази проти норми, дещо менше для тополі – у 2,8 рази та найменше для рдесника й стебел латаття – в 1,8 рази (рис. 2). Збільшення концентрації поллютанту до 2 ГДК поглиблює патологічний процес. Значення величин середньодобового раціону стрімко зменшується проти норми ($P>99,9\%$): для листя частухи – у 4,3 рази, для тополі – у 3,5 рази, для рдесника й стебел латаття – у 3,2 рази. За найбільшої концентрації іонів кадмію у середовищі (3 ГДК) значення величини середньодобового раціону є незначним і становить для листя частухи й рдес-

ника – $0,5\pm 0,1\%$, для стебел латаття – $0,6\pm 0,1\%$, для листя тополі – $1,1\pm 0,1\%$.

Головні висновки. Отже, величину середньодобового раціону ставковиків можна використовувати під час біотестування у системі екологічного моніторингу. Зокрема, за значенням цього трофологічного показника можна оцінювати рівень забруднення водного середовища іонами цинку і кадмію, адже організм моллюска по-різному реагує на певний вид металу. Так, з отриманих результатів видно, що іони кадмію та цинку чинять різну дію на величину спожитого моллюском корму. Помірні концентрації цинку (для деяких видів корму 2 ГДК) викликають підвищення активності. І лише високі концентрації цього токсиканту (3 ГДК) – фазу депресії. Іони кадмію у концентрації від ГДК до 3 ГДК спонукають одразу розвиток фази депресії.

Перспективи використання результатів дослідження. У перспективі є необхідним вивчення впливу іонів різних важких металів на трофіку ставковиків різних екологічних груп.

Література

1. Беклемишев В.Н. Вопросы, входящие в проблему устойчивости членистоногих к инсектицидам. Москва : Мир, 1969. С. 18–25.
2. Василенко О.М. Вплив іонів кадмію на тривалість проходження корму через травний тракт ставковиків (Mollusca: Pulmonata:Lymnaeidae). *Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Серія «Біологія»*. 2011. № 2(47). С. 11–5.
3. Веселов Е.А. Биологические тесты при санитарно-биологическом изучении водоёмов. *Жизнь пресных вод СССР*. Москва ; Ленинград : АН СССР, 1959. Т. 4. Кн. 2. С. 7–37.
4. Веселов Е.А. Основные фазы действия токсических веществ на организмы. *Тез. докл. Всесоюз. науч. конф. по вопр. водн. токсикологии*. Москва : Наука, 1968. С. 15–16.
5. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Житомирській області у 2007 році / Держ. упр. охорони навкол. природ. середовища в Житомирській обл. Житомир, 2007. 183 с.
6. Дудник С.В., Євтушенко М.Ю. Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування : монографія. Київ : Український фітосоціологічний центр, 2013. 297 с.
7. Киричук Г.Е. Влияние разных концентраций ионов тяжелых металлов на физико-химические свойства *Planorbarius purpura* (Mollusca : Bulinidae) в норме при инвазии трематодами. *Паразитология*. 2002. Т. 36. Вып. 2. С. 108–116.
8. Киричук Г.С., Василенко О.М. Вплив іонів цинку та кадмію на кумулятивні та трофологічні показники ставковика озерного. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Серія «Біологія»*. 2010. Т. 43. № 2. С. 237–240.
9. Клесник Н.Л. Біоіндикатори забруднення важкими металами прісних водойм. *Таврійський науковий вісник*. 2015. Вип 94. С. 124–133.
10. Лакин Г.Ф. Биометрия. Москва : Высш. шк., 1973. 343 с.
11. Линник П.Н., Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Ленинград : Гидрометеоздат, 1986. 268 с.
12. Мислива Т.М., Кот І.С. Важкі метали у водах малих річок і боліт Житомирського Полісся. *Вісник ЖНАЕУ*. 2011. № 2. Т. 1. С. 58–68.
13. Нестерчук І.К. Геоекологічний аналіз: концептуальні підходи, сталий розвиток : монографія. Житомир : ЖДТУ, 2011. 312 с.
14. Прокопчук О.І., Грубінко В.В. Важкі метали у малих річках Тернопільщини з різним рівнем антропогенного навантаження. *Вісник Дніпропетровського університету. Серія «Біологія. Екологія»*. 2016. Вип. 24(1). С. 173–181.
15. Романенко В.Д. Основи гідроекології : підручник. Київ : Обереги, 2001. 728 с.
16. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. Київ, 2001. 264 с.
17. Суццєна Л.М. Количественные закономерности питания ракообразных. Минск : Наука и техника, 1975. 208 с.
18. Сушкина А.П. Питание и рост некоторых брюхоногих моллюсков. Труды Всесоюзного гидробиологического общества. 1949. Ч. 1. С. 118–131.
19. Тяжелые металлы как фактор экологической опасности : методические указания к самостоятельной работе по экологии для студентов III курса дневной формы обучения / сост. Ю.А. Холопов. Самара : СамГАПС, 2003. 16 с.
20. Brygadyrenko V., Ivanyshyn V. Changes in the body mass of *Megaphyllum kievense* (Diplopoda, Julidae) and the granulometric composition of leaf litter subject to different concentrations of copper. *Journal of Forest Science*. 2015. Vol. 61(9). P. 369–376.
21. Malik D., Singh S., Thakur J., Singh R., Kaur A., Nijhawan S. 2014. Heavy metal pollution of the Yamuna River: An introspection. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 3(10). P. 856–863.
22. Niu Y., Yu W., Niu Y., Xu Y., Spatial X. 2015. Evaluation of heavy metals concentrations in the surface sediment of Taihu lake. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 12. P. 15028–15039.