

ОСОБЛИВОСТІ ТРОФІКИ СТАВКОВИКІВ ПІДРОДУ CORVUSIANA (*MOLLUSCA: PULMONATA*) ЗА ДІЇ РІЗНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ІОНІВ КАДМІЮ

Василенко О.М., Онищук І.П.

¹ Житомирський державний університет імені Івана Франка
вул. Бердичівська, 40, 10008, м. Житомир
o.vasylisha@gmail.com
irinashpin@gmail.com

Встановлено вплив різних концентрацій іонів Cd^{2+} на основні трофологічні показники молюсків підроду *Corvusiana* (*Mollusca: Pulmonata*) за споживання ним різних видів корму (листя частухи, тополі та стебел латаття). Встановлено, що іони кадмію здійснюють негативний вплив на процеси живлення і травлення ставковиків, викликаючи у них за всіх використаних у досліді концентрацій (0,5 ГДКр – 3 ГДКр) фазу депресії патологічного процесу отруєння. *Ключові слова:* *Corvusiana*, іони кадмію, трематодна інвазія, середньодобовий раціон, тривалість проходження корму через травний тракт, коефіцієнт засвоюваності корму.

Влияние низких концентраций ионов цинка на величину среднесуточного рациона прудовиков подрода *Corvusiana* (*Mollusca: Pulmonata*). Василенко О.М., Онищук И.П. Установлено влияние различных концентраций ионов Cd^{2+} на основные трофологические показатели моллюсков подрода *Corvusiana* (*Mollusca: Pulmonata*) за потребление им различных видов корма (листья частухи, тополя и стеблей кувшинок). Установлено, что ионы кадмия оказывают негативное влияние на процессы питания и пищеварения прудовиков, вызывая в них при всех использованных в опытах концентрациях (0,5 ГДКр – 3 ГДКр) фазу депрессии патологического процесса отравления. *Ключевые слова:* *Corvusiana*, ионы кадмия, трематодная инвазия, среднесуточный рацион, продолжительность прохождения корма через пищеварительный тракт, коэффициент усвояемости корма.

The influence of cadmium ions on the basic trophic characteristics in *Corvusiana* (*Mollusca: Pulmonata*). Vasylenko O.M., Onischuk I.P. Here is researched an influence of different concentrated ions Cd^{2+} on amount of the trophological indexes *Lymnaea palustris* during taking different food types (*Alisma*, *Nymphaea*, *Populus*). It has been established researches certify about the fact the most negative influence on the processes of feeding and digestion of pond snails render the cadmium ions. That entail at all the used in experiment concentration (maximum concentrations limits are from 0.5–3), the depression phase on the pathological process that entails the taxation. *Key words:* *Corvusiana*, the cadmium ions, trematodas invasion, the average daily ration, the time of its passage through alimentary canal, food digestibility.

Зазначено, що іони важких металів (ВМ) вже у невеликих концентраціях токсичні для гідробіонтів, бо акумулюються в їх організмі. Як наслідок, в організмі тварин значно модифікується метаболізм, спостерігаються мутагенний, ембріотоксичний, гонадотоксичний ефекти, що викликають зміни в їх популяціях, порушення функціональної ролі у трофічній структурі і продуктивності гідроценозів [10]. Також, на відміну від токсикантів органічної природи, іони ВМ не підлягають трансформації і, потрапивши у біогеохімічний цикл, залишаються у ньому, включаючись у кругообіг речовин [3].

Дослідження геохімічних особливостей території Центрального Полісся привертало увагу багатьох вчених, що пов'язано, насамперед, із близьким заляганням Українського щита [17]. Зазначимо, що для ґрунтів цієї території геохімічними супутниками типоморфного водню цих ландшафтів є Cs, K, Cu; типоморфного заліза – Mn, Co, Ni, Cr та V [21], що, своєю чергою, призводить до їх потрапляння у водойми та водотоки регіону. Ще одним джерелом

забруднення гідроценозів цієї території іонами ВМ є сільськогосподарські стоки, в яких щорічний їх вміст становить: кадмію – 18 т, хрому – 150 т, купруму – 420 т, нікелю – 40 т, плумбуму – 140 т, цинку – 710 т [6; 12].

Молюски підроду *Corvusiana* – звичайний, невід'ємний компонент циклів живлення гідроценозів Центрального Полісся. Належачи до другого трофічного рівня, вони відіграють важливу роль у процесах кругообігу речовин та енергії в екосистемах, оскільки визначаються значною якісною різноманітністю, високою щільністю популяцій та чималою їх біомасою. Отже, від трофологічних показників, притаманних цим тваринам, залежить продуктивність біоценозів. Тому аутоекологічні трофологічні дослідження нині є актуальними, особливо зважаючи на те, що представники родини *Lymnaeidae* у цьому аспекті майже не досліджені. Деякі види цієї родини можуть використовуватись як тест-об'єкти у системі екологічного моніторингу, тому дослідження всіх сторін їхньої життєдіяльності є важливим.

Використання моллюсків як об'єктів дослідження (модельні види) при опрацюванні загальногідробіологічних, у тому числі і екотоксикологічних проблем, щороку ширшає. Актуальність таких досліджень безперечна, оскільки забруднення водного середовища різними за своєю природою та концентраціями поллютантами, у тому числі іонами важких металів, починаючи з кінця 30-х рр. ХХ ст. й до сьогодні, відбувається зростаючими темпами.

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

Аналіз літературних джерел свідчить, що відомості, котрі стосуються трофіки ставковиків, нині вкрай бідні, розбіжні і здебільшого фрагментарні. Жоден з аспектів їхнього живлення не є повноцінно дослідженим. Із кількісних показників відомі значення лише деяких з 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. Нечисленними є також матеріали щодо впливу токсикантів на трофіку легеневих моллюсків. До того ж вони аж ніяк не охоплюють всі аспекти трофіки ставковиків.

До наших днів 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 за споживання ним частухи прогресує знижується від $1,65 \pm 0,09\%$ до $1,56 \pm 0,08$ та $0,74 \pm 0,04\%$ відповідно [8]. Пристосування до патогенного впливу важких металів відбувається шляхом підвищення коефіцієнту засвоєння корму (за 0,2 мг/л сульфату міді в 1,17 раза проти норми). За більш високих концентрацій токсиканта (0,4 та 0,6 мг/л) патологічні процеси в організмі моллюсків 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 і для тривалості проходження корму через травний тракт *L. stagnalis*. Так, за концентрації 0,2 мг/л сульфату міді цей показник зменшується в 1,2 раза, за 0,4 мг/л – в 1,24, а за 0,6 мг/л – в 1,5 раза.

Досліджено також вплив хлориду цинку у концентраціях 2, 10, 18 мг/л на деякі ланки трофіки *L. Stagnalis* [14]. 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 зростан-

ням вмісту 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 [14]. 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 і дії травних ферментів.

Встановлено, що моллюскоцидний ефект іонів міді на водяних червоногих моллюсків пов'язаний із блокуванням циклу трикарбонових кислот на рівні α -кетоглутарату [9]. Адже після інкубації протягом 6 год. у розчині $CuSO_4$ (2 мг/л) у травній залозі моллюсків помічено значне зниження розчинених у холодній хлорній кислоті вуглеводів, амінокислот, фосфоліпідів та гліцеринів. Вміст 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% при збільшенні активності гліукозо-6-фосфатази на 78%.

Чималий інтерес викликають дослідження сумісної дії трематодної інвазії та іонів важких металів на організм моллюсків. Вивченням впливу трематод *Schistosomatium douthiti* та *Trichobilharzia sp.* на моллюсків з'ясовано, що патогенний ефект паразитів підвищується під впливом іонів цинку, а також іонів міді [13]. Моллюски, 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 [16]. Так, величина середньодобового раціону в інвазованих тварин за помірної інвазії зростає, а за тотальної інвазії різко падає порівняно з незараженими особинами.

Важливість токсикологічних досліджень водяних безхребетних підкреслювалась ще В.Н. Беклемішевим [2], а пізніше Н.С. Строгановим [20], 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 моллюсків підроду *Corvusiana* (Mollusca: Pulmonata) за споживання ним різних видів корму (листя частухи, тополі та стебел латаття).

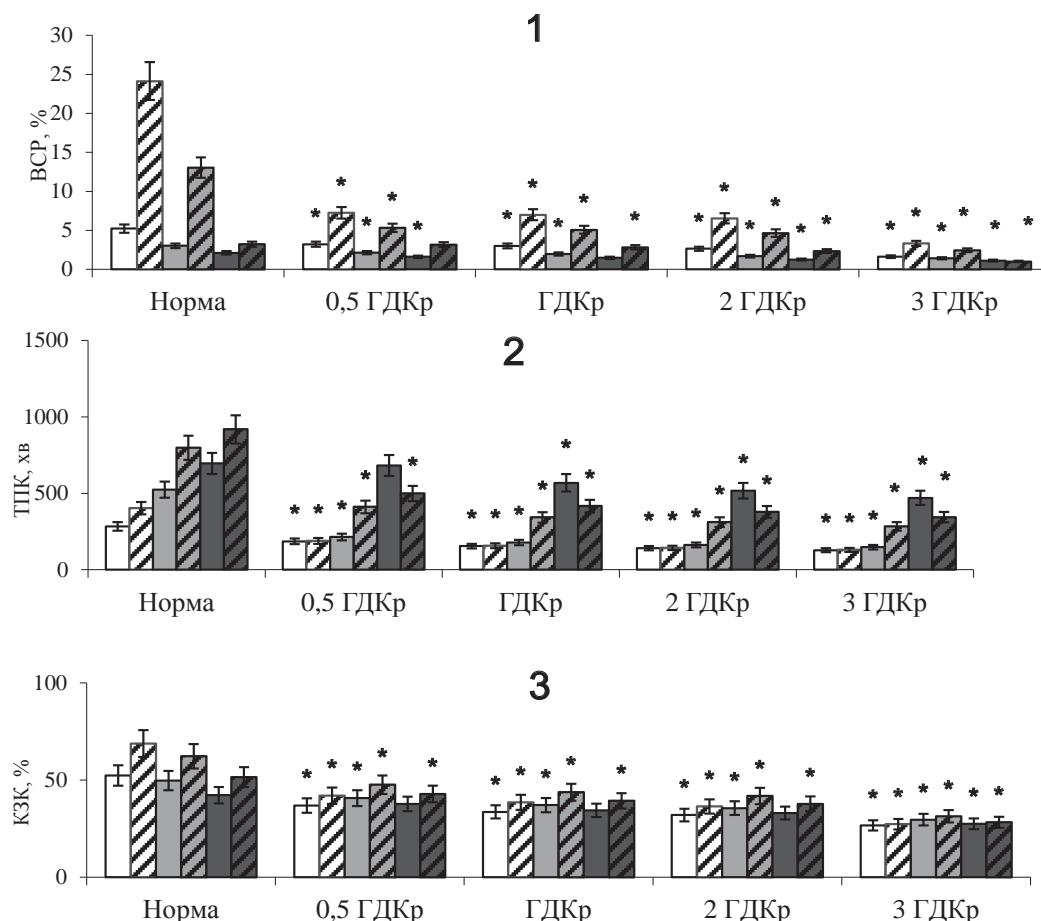
Отримані для ставковиків трофологічні показники можуть знайти застосування у вирішенні низки важливих завдань екологічної фізіології і продукційної біології. Вони можуть бути використані при

модельованні тих біологічних процесів у гідроекосистемах, які є наслідком антропогенного забруднення водного середовища поллютантами, зокрема іонами важких металів. Бажано, аби кількісні трофологічні показники були враховані при перегляді значень чинних нині ГДК рибогосподарських. Наведені у ній матеріали можуть знайти застосування у біотестуванні (у системі екологічного моніторингу стану водного середовища) при здійсненні заходів, скерованих на збереження та відтворення водних біоценозів, у практичній роботі працівників рибних господарств.

Лабораторними дослідженнями охоплено найпоширеніших ставковиків як фауни України взагалі, так і згаданого її регіону зокрема. Вони входять до підроду *Corvusiana* роду *Lymnaea*: *L. corvus* Gmelin, 1791, *L. gueretiniana* Servain, 1881.

Для визначення основних трофологічних показників тварин, аклімованих протягом 14 діб до лабораторних умов, обсушували фільтрувальним папером, зважували (електронні ваги марки WPS 1200) та поміщали одночасно з фіксованою наважкою корму по одному у заповнені водою ємності ($V=250$ мл). Як корм використовували: 1) листя частухи (*Alisma plantago-aquatica*); 2) листя рдесника (*Potamogeton natans*); 3) проварене та мацероване протягом 5 діб листя тополі (*Populus alba*). Тривалість дослідження – 2 доби. Температура води 16–19 °С. Освітлення акваріумів природне. У процесі експерименту визначали величину середньодобового раціону (ВСР), тривалість проходження корму через травний тракт (ТПК), засвоюваність корму (ЗК) за [9].

Трематодну інвазію встановлювали шляхом мікроскопування (МБІ-1, МЗ 7х8) тимчасових пре-



За споживання:

- Частухи (незаражені особини);
- ▨ Частухи (заражені особини);
- ▒ Рдесника (незаражені особини);
- ▓ Рдесника (заражені особини);
- Тополі (незаражені особини);
- Тополі (заражені особини).

Рис. 1. Вплив різних концентрацій іонів кадмію на трофологічні показники *L. corvus*: 1 – ВСР; 2 – ТПК; 3 – КЗК; * – статистично вірогідна різниця ($P \geq 94,5\%$) щодо норми

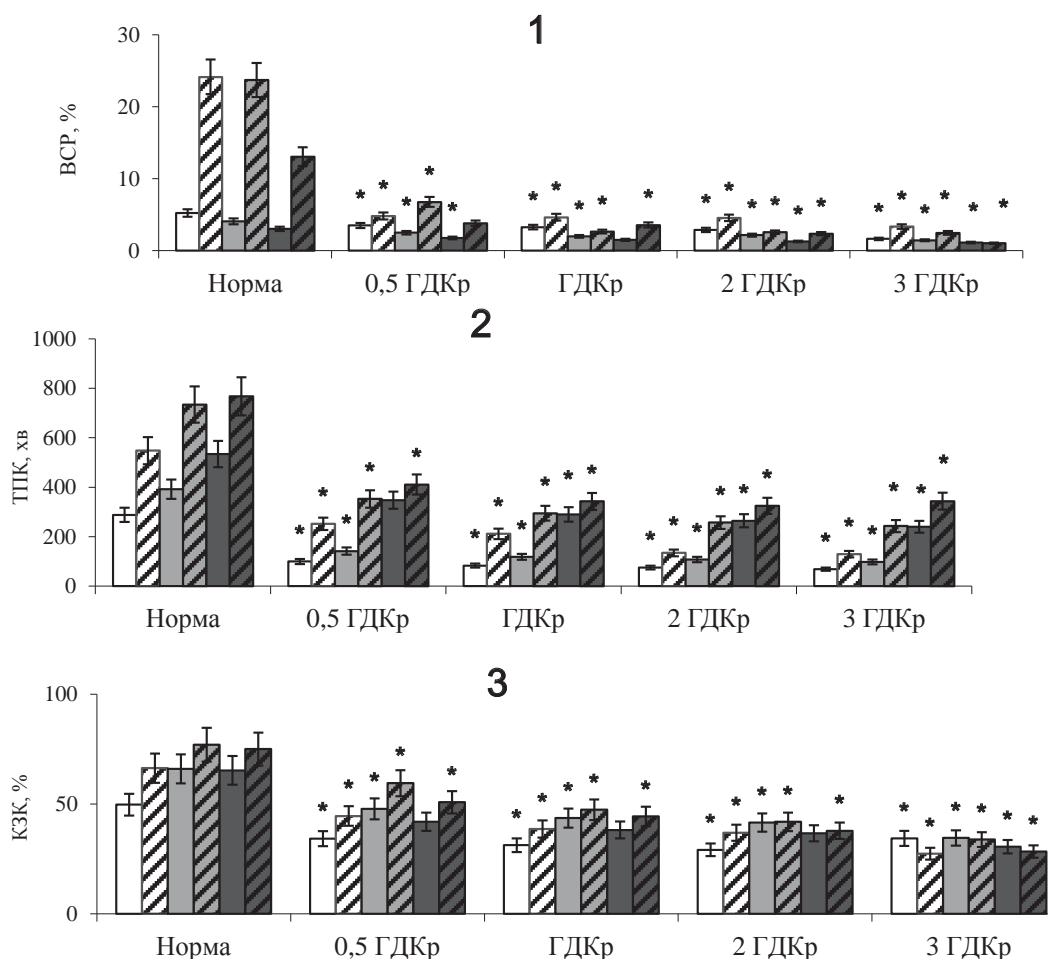
паратів, виготовлених зі шматочків гепатопанкреаса моллюсків. Видову належність трематод з'ясували винятково на живому матеріалі [11]. Моллюски були інвазовані редіями і церкаріями «пташиної» трематоди *Echinoparyphium aconiatum* Dietz (екстенсивність зараження – $29,6 \pm 0,3$ %), локалізованими у гепатопанкреасі хазяїв. Інтенсивність інвазії переважно помірна (ураження паразитами від 1/10 до 1/2 об'єму гепатопанкреаса).

Токсикологічні дослідження поставлено за методикою Алексєєва [1]. Як токсикант використано кадмію хлорид. У токсикологічному дослідженні (експозиція – 2 доби) використано концентрації, що становлять 0,5, 1, 2, 3 гранично допустимих концентрацій (рибогосподарських) (ГДКр) у перерахунку на йони Cd^{2+} (ГДКр Cd^{2+} становить $0,001 \text{ мг/дм}^3$) [19].

Заміну токсичного середовища здійснювали щодоби з метою видалення метаболітів тварин та підтримання постійної концентрації токсиканту. Отримані числові результати дослідів оброблено загальноприйнятими методами з використанням комп'ютерних програм STATISTICA 5.0 [15].

З'ясовано, що іони кадмію у використаних у досліді концентраціях у всіх, без виключення, досліджених моллюсків викликають скорочення значень усіх трофологічних показників (рис. 1, рис. 2).

Так, за концентрації токсиканту в 0,5 ГДКр відбувається статистично вірогідне зменшення ВСП ставковиків щодо норми від 24,06% за споживання листя тополі *L. corvus* до 39,48% за споживання листя частухи *L. gueretiniana*. Знижується значення і ТПК ($P \geq 94,5\%$) від 34,59% за споживання листя частухи



За споживання:

- Частухи (незаражені особини);
- ▨ Частухи (заражені особини);
- ▩ Рдесника (незаражені особини);
- ▧ Рдесника (заражені особини);
- Тополі (незаражені особини);
- ▣ Тополі (заражені особини).

Рис. 2. Вплив різних концентрацій іонів кадмію на трофологічні показники *L. gueretiniana*: 1 – ВСП; 2 – ТПК; 3 – КЗК; * – статистично вірогідна різниця ($P \geq 94,5\%$) щодо норми

Таблиця 1

Вплив різних концентрацій Cd^{2+} на відмову ставковиків від споживання корму

Концентрація токсиканта	Частка особин, які відмовляються від корму (%)	
	неінвазовані	інвазовані
0,5 ГДКр	21–39	21–49
ГДКр	23–42	23–57
2 ГДКр	35–44	37–68
3 ГДКр	37–62	43–83

L. corvus до 65,49% за споживання листя частухи *L. gueretiniana*. На фоні зменшення ВСП та ТПК спостерігається скорочення щодо норми КЗК ($P \geq 94,5\%$) від 13,04% листя тополі *L. gueretiniana* до 29,58% за споживання листя частухи *L. corvus*. У заражених трематодами тварин за цієї ж концентрації іонів кадмію помічено також статистично вірогідне зменшення значень основних трофологічних показників.

Зі збільшенням концентрації токсиканту відбувається подальше статистично вірогідне зниження значень усіх трофологічних показників щодо норми. Так, за концентрації токсиканту в ГДКр відмічено зменшення значень ВСП ($P > 99,9\%$) ставковиків від 30,66% за споживання листя тополі *L. corvus* до 43,48% за споживання листя частухи *L. gueretiniana*. Скорочується щодо норми і ТПК ($P \geq 98,5\%$) від 45,49% за споживання листя частухи *L. corvus* до 71,19% рази за споживання листя частухи *L. gueretiniana*. Спостерігається зменшення значення КЗК ($P \geq 94,5\%$) від 25,29% за споживання листя рдесника *L. corvus* до 35,81% за споживання листя частухи того самого виду. В інвазованих особин за цієї ж концентрації іонів кадмію помічено також статистично вірогідне зменшення значень основних трофологічних показників.

За концентрації токсиканту у 2 ГДКр відбувається прогресуюче зменшення усіх трофологічних показників щодо норми. Спостерігається статистично вірогідне зменшення ВСП ставковиків від 40,57% за споживання листя частухи *L. corvus* до 50,26% за споживання того самого виду корму *L. gueretiniana*. Зменшується також ТПК ($P > 99,9\%$) від 50,27% за споживання листя тополі *L. gueretiniana* до 80,25% за споживання листя частухи *L. corvus*.

Зареєстровано зменшення значення КЗК ($P \geq 94,5\%$) від 30,41% за споживання листя тополі *L. corvus* до 80,25% за споживання листя частухи *L. gueretiniana*.

У заражених трематодами тварин за цієї самої концентрації іонів кадмію у середовищі спостерігається також статистично вірогідне зменшення ВСП, ТПК, КЗК.

За концентрації токсиканту в 3 ГДКр зменшення значень основних трофологічних показників прогресує. Відбувається статистично вірогідне зменшення ВСП ставковиків щодо норми від 40,57% за споживання листя частухи *L. gueretiniana* до 50,26% за спо-

живання того ж виду корму *L. corvus*. Скорочується і величина ТПК ($P > 99,9\%$) від 54,95% за споживання листя тополі *L. corvus* до 82,93% за споживання листя частухи *L. gueretiniana*. На фоні збільшення ВСП та ТПК зменшується значення КЗК ($P \geq 96,7\%$) від 34,77% за споживання листя тополі *L. corvus* до 50,19% за споживання листя частухи *L. gueretiniana*.

Отже, наведені вище дані свідчать про те, що іони кадмію у концентраціях від 0,5 до 3 ГДКр у всіх, без виключення, досліджених видів молюсків за споживання ними всіх заданих видів корму викликають зменшення значень усіх трофологічних показників, що відповідає депресивній фазі патологічного процесу [7], зумовленого отруєнням тварин. Це вказує на надзвичайно високу токсичність іонів кадмію для ставковиків. Із підвищенням концентрації токсиканту у застосованих у досліді межах відбувається прогресуюче зменшення значень трофологічних показників, оскільки зі зростанням вмісту іонів кадмію у воді молюски зазнають дедалі більшого їх токсичного впливу.

Однією з перших трофологічних реакцій на дію цього токсиканту у піддослідних особин є зменшення споживання ними корму або повна відмова від його споживання, що є наслідком прояву патологічних поведінкових реакцій досліджуваних ставковиків на затруєння середовища. За всіх використаних у досліді концентрацій іонів кадмію у молюсків значною мірою послаблюється або повністю втрачається рухова активність, вони не намагаються залишити токсичне середовище (гальмується захисна реакція – уникнення). Кількість тварин, що відмовляються від споживання корму із підвищенням концентрації іонів кадмію у воді, неухильно зростає (табл. 1).

У багатьох випадках спостерігається виділення молюсками надмірної кількості фекалій, що відбувається внаслідок посилення перистальтики кишківника і полягає в об'ємній одноактній дефекації.

Трематодна інвазія поглиблює перебіг патологічного процесу, викликаного дією Cd^{2+} [4; 5]. Значення основних трофологічних показників за дії іонів кадмію водного середовища в інвазованих тварин зменшується значно більше, ніж в особин незаражених.

У перспективі є необхідним вивчення впливу йонів різних важких металів на трофіку ставковиків різних екологічних груп.

Література

1. Алексеев В.А. Основные принципы сравнительно токсикологического эксперимента. Гидробиол. журн. 1981. Т. 17, № 3. С. 92–100.
2. Беклемишев В.Н. Вопросы, входящие в проблему устойчивости членистоногих к инсектицидам. Устойчивость членистоногих к инсектицидам. М.: Мир, 1969. С. 18–25.
3. Бигон М. Экология: особи, популяции, сообщества: Пер. с англ. / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд. В 2-х т. М.: Мир, 1989. 355 с.
4. Василенко О.М. Вплив іонів кадмію на живлення *Lymnaea palustris* (Mollusca: Pulmonata). Вісник Львівського університету. Сер. Біологічна. 2010. Вип. 52. С. 101–106.
5. Василенко О.М. Вплив іонів кадмію на тривалість проходження корму через травний тракт ставковиків (Mollusca: Pulmonata: Lymnaeidae). Наукові записки Тернопільського державного пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Сер.: Біологія. 2011. № 2 (47). С. 11–15.
6. Василюк Т.П. Акумуляція та розподіл важких металів у фітомасі гідробіонтів виду *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms при біоочищенні сільськогосподарських стічних вод. Вісник НУВГП. Сільськогосподарські науки: зб. наук. праць. 2013. Вип. 1(61). С. 67–73.
7. Веселов Е.А. Основные фазы действия токсических веществ на организмы. Вопросы водной токсикологии: тезисы докл. Всесоюз. науч. конф. М.: Наука, 1968. С. 15–16.
8. Вискушенко Д.А. Серцева діяльність *Lymnaea stagnalis* в умовах його інтоксикації хлоридом цинку. Вісн. Житомир. пед. ун-ту. 2001. Вип. 8. С. 223–227.
9. Выскушенко Д.А. Реагирование прудовика озерного (*Lymnaea stagnalis* L.) на воздействие сульфата меди и хлорида цинка. Гидробиолог. журн. 2002. Т. 38, № 4. С. 86–92.
10. Гандзюра В.П. Концепція шкодочинності в екології / В.П. Гандзюра, В.В. Грубінко. Київ-Тернопіль: Вид-во ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2008. 144 с.
11. Гинесинская Т.А. Трематоды, их жизненные циклы, биология и эволюция. Л.: Наука, 1968. 410 с.
12. Дикиева Д.М. Химический состав макрофитов и факторы определяющие в них концентрацию минеральных веществ / Д.М. Дикиева, И.А. Петрова. Гидробиол. Процессы в водоемах. Л.: Наука, 1983. С. 107–213.
13. 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.
14. Киричук Г.Е. Вплив іонів цинку та кадмію на кумулятивні та трофологічні показники ставковика озерного / Г.Е. Киричук, О.М. Василенко. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Сер.: Біологія. 2010. Т. 43, № 2. С. 237–240.
15. Лакин Б.Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1973. 343 с.
16. Міцкевич Б.Ф. Геохімічні ландшафти Українського щита. К.: Наукова думка, 1971. 174 с.
17. Новиков Н.В. Методы исследования качества воды водоемов / Н.В. Новиков, К.О. Ласточкина, З.Н. Болдина. М.: Медицина, 1990. 400 с.
18. Стадниченко А.П. Влияние последствия СМС «Ландыш» на легочное и кожное дыхание прудовика озерного, инвазированного трематодами, при разном температурном режиме / А.П. Стадниченко, Л.Д. Иваненко, С.В. Архипчук. Деп. в ГНТБ Украины 05.08.94, №1527-Ук94. 20 с.
19. Стадниченко А.П. Влияние трематодной инвазии и воздействия азотнокислым свинцом на легочное и кожное дыхание роговых катушек / А.П. Стадниченко, Н.Н. Сластенко, Л.Н. Куркчи, И.А.Томашевская и др. Паразитология. 1992. Т. 26, № 1. С. 67–71.
20. Строганов Н.С. Биологический критерий токсичности в водной токсикологии. Критерий токсичности по водной токсикологии. М.: Изд-во МГУ, 1971. С. 14–26.
21. Язвинська М.В. Моніторинг стану ґрунтів степової ландшафтно-геохімічної зони України. Пошук. та екол. геохімія. 2008. № 1(8). С. 26–31.