

DOI: 10.32999/ksu2524-0838/2021-30-11

УДК 591.5:594.38

Стадниченко А.П.¹, Уваєва О.І.², Ігнатенко О.О.¹

**ВПЛИВ КОНЦЕНТРАЦІЇ ІОНІВ Cr (III) НА СПОСІБ ЖИТТЯ,
ПОКАЗНИКИ ЖИВЛЕННЯ І ТРАВЛЕННЯ ДЕЯКИХ ЖИТТЄВИХ
ФОРМ СТАВКОВИКІВ (MOLLUSCA, GASTROPODA, LYMNAEIDAE)**

¹Житомирський державний університет імені Івана Франка, Житомир, Україна

²Державний університет «Житомирська політехніка», Житомир, Україна
stadnychenko2016@gmail.com; bio-2016@ukr.net

Серед політантів, які потрапляють із скидами чи стоками як у природні, так і у штучні водойми, одними з найнебезпечніших для гідробіонтів є іони важких металів. Актуальність дослідження впливу іонів важких металів на різні прояви життєдіяльності гідробіонтів пов'язана як із широкою розповсюдженістю їх наразі у поверхневих водах, так і з явно недостатнім на сьогодні ступенем дослідженості впливу значної частини із них на водних черевоногих молюсків. Саме до числа таких важких металів і належить Cr (III), рівень вмісту якого у гідромережі України.

Уперше з'ясовано вплив 0,5ГДКр – 3ГДКр іонів Cr (III) на спосіб життя, живлення і травлення *Lympnaea vulnerata* (Küster, 1862) і *L. monnardi* (Hartmann, 1844) – різних життєвих форм ставковиків гідромережі України. Внаслідок тривалого природного добору, котрий відбувався у цих тварин у край відмінних екологічних умовах довкілля, адаптивна радіація черепашки прадавньої вихідної форми ставковиків здійснювалася реофілом *L. monnardi* і стагнофілом *L. vulnerata* у протилежно скерованих напрямках – дивергентно. Ампліподібна черепашка *L. monnardi* (сплющена, низька, компактна, обтічної форми, з великим устям) і велика плоска підошва ноги запобігають знесенням її течією, тоді як стагніколаподібна баутоподібна черепашка *L. vulnerata* (витягнутої форми, висока, вузька, з плоскими обертами завитка і невеличким устям) надійно оберігає його від зайвих витрат води у процесі легеневого дихання, що важливо для цього звичайного мешканця здебільшого пересихаючих водойм, переживаючих умови десикації, забившись у щілини розтрісканого від пересихання дна.

Автохтонний кормовий раціон цих ставковиків представлений водоростями і вищою водяною рослинністю (різними за видовим складом щодо кожного з видів досліджених молюсків).

За 0,5ГДКр, ГДКр, 2ГДКр, 3ГДКр іонів Cr (III) у середовищі у ставковиків розвивається 5-тифазний процес отруєння (0,5 ГДКр – байдужість; ГДКр і 2ГДКр – стимуляція; 3ГДКр – депресивна, сублетальна, летальна фази). Симптоматика його чітко ілюструється значеннями основних трофологічних показників у отруєних особин, залежних від перебігу у них відповідних фаз патологічного процесу.

Ключові слова: *Lympnaea*, життєві форми, Cr (III), спосіб життя, живлення, травлення.

Stadnychenko A.P., Uvayeva O.I., Ihnatenko O.O.

**EFFECT OF Cr (III) IONS CONCENTRATION ON WAY OF LIFE SPECIFICS,
TROPIC AND DIGESTIVE PARAMETERS OF CERTAIN LIFE FORMS OF POND
SNAILS (MOLLUSCA, GASTROPODA, LYMNAEIDAE)**

*For the first time, the influence of Cr (III) ions in maximum concentration limits (MCL) from 0.5 – 3 on the way of life, nutrition and digestion of *Lymnaea vulnerata* (Küster, 1862) and *L. monnardi* (Hartmann, 1844), – the different life forms of pond snails of the hydrographic network of Ukraine, – was explored. Due to the long-term natural selection among these species which took place in extremely different ecological environmental conditions, the adaptive radiation of the shell of the ancient original form of pond snail was carried out by rheophilic *L. monnardi* and stagnophilic *L. vulnerata*, in opposite directions - divergently. The ampla-shaped shell of *L. monnardi* (flattened, low, compact, streamlined, with a large mouth) and a large flat sole prevent its drifting by the water current, while the stagnicola-like turret-shape shell of *L. vulnerata* (elongated, high, narrow, with curls and flat turns, and small mouth) reliably protects it from excessive water consumption in the process of pulmonary respiration, that is important for this ordinary inhabitant of mostly drying out ponds, experiencing conditions of desiccation, which hides in the cracks of drying out bottom.*

The autochthonous fodder diet of these pond snails is represented by algae and higher aquatic vegetation (different in species composition for each of the species of mollusks studied).

Under the maximum concentration limits of 0.5, MCL, 2MCL, 3MCL of Cr (III) ions in the environment, a 5-phase process of poisoning is being developed among the pond snails (0.5MCL - indifference; MCL and 2MCL - stimulation; 3MCL - depressive, sublethal, lethal phases). Its symptoms are clearly illustrated by the values of the main trophological parameters in poisoned individuals, depending on the course of the relevant phases of the pathological process.

Key words : *Lymnaea*, life forms, Cr (III) ions, way of life, nutrition, digestion.

У сьогоднішній день однією з найактуальніших екологічних проблем у гідроекології є антропогенний тиск на водне середовище та його мешканців. Серед численних поллютантів промислового, сільськогосподарського та комунально-побутового походження, потрапляючих із скидами чи стоками як у природні, так і у штучні водойми, одними з найнебезпечніших для гідробіонтів є іони важких металів [7, 16, 23]. У залежності від хімічної природи і рівня концентрації вплив їх на гідробіонтів буває регуляторним або токсичним. Останній з них спонукає структурні і функціональні зрушення у клітинах, тканинах, органах і системах органів, зумовлюючи життєздатність організмів як єдиного цілого. Актуальність дослідження впливу іонів важких металів на різні прояви життєдіяльності гідробіонтів пов'язана як із широкою розповсюдженістю їх наразі у поверхневих водах, так і з явно недостатнім на сьогодні ступенем дослідженості впливу значної частини із них на водних червононогих моллюсків. Саме до числа таких важких металів і належить Cr (III), рівень вмісту якого у гідромережі України залежить у сьогоднішній день не стільки від природних чинників, скільки від його антропогенного надходження [4, 16].

За діючими наразі нормами ГДК доля іонів Cr (III) у гідромережі України становить 0,5 мг/дм³ (лімітуючий показник шкідливості – санітарно-токсикологічний), а ГДКр (рибогосподарський) – 0,005 мг/дм³ (лімітуючий показник шкідливості – токсикологічний) [5, 6]. На початок XXI ст. у басейні Середнього Дніпра вміст іонів хрому у водах його русла сягав 4,5–112,0, у його лиманах – 12,6–168,0 мг/дм³, а у донних відкладеннях – 27,3–176,0 мг (на 1 кг сухої маси) [12, 13]. На півдні Житомирщини (р. Гнилоп'ять) нещодавно було зосереджено 1/3 від усіх «хромових» забруднень України [21] через нерегламентоване скидання у неї неочищених стічних вод, забруднених хром сульфатом, Бердичівським шкірзаводом ім. Ілліча. Вміст іонів Cr (III) у воді Гнилоп'яті на той час досягав рівня 10,45 мг/дм³. У цей же час на Житомирському Поліссі концентрація іонів Cr (III) у річкових водах (праві притоки Прип'яті) і водах болотяних становила усього лише 0,007–0,140

мг/дм³. І хоча на кінець першого десятиліття ХХІ ст. відзначено було деяку позитивну тенденцію до зміни за останні роки вмісту важких металів у поверхневих водах України концентрації їх у річках її залишаються ще досить суттєвими [4].

З червононогих молюсків поверхневих вод України одними з найпоширеніших і нерідко найчисельніших є види родини ставковикових (Lymnaeidae) – фітофаги, консументи першого порядку. Майже усі вони широко розповсюджені і утворюють численні і нерідко густонаселені популяції. Будучи невід’ємними компонентами ланцюгів живлення гідроценозів, вони відіграють тим самим важливу роль у колообігу речовин і енергії у циклах живлення гідроекосистем. Судити про її вагомість можна за значеннями найважливіших трофологічних показників, обрахованих для відповідних їх тваринних компонентів, у тому числі й для видів родини ставковикових.

В Україні види цієї великої родини (39 сучасних видів [19]) представлені різними життєвими формами (біотипами), що зумовлене специфічністю комплексів умов, притаманних різним їх звичайним місцеперебуванням. Різні життєві форми ставковиків чітко відмежовуються між собою неоднаковим ступенем екологічної толерантності щодо комплексів екологічних чинників різних водних об’єктів довкілля, отже і щодо чинника трофічного. Морфогенез, який лежить в основі утворення різних життєвих форм у тварин, тісно пов’язаний із функціонуванням їх організмів як єдиного цілого та систем їх органів зокрема. Саме це і дозволяє кожній із життєвих форм якнайефективніше використовувати ті чи інші компоненти того навколишнього середовища, в якому вони живуть, якнайоптимальніше пристосовуючись до нього. Адже здавна відомо, що функціональність форми та її адаптивний характер – це дві різні сторони одного і того ж самого явища [14]. У ставковиків пристосовний морфогенез до неоднакових умов довкілля найяскравіше відбився за формування їх конхіологічних особливостей. Сучасні нам малакологи вважають, що вихідною формою черепашок прадавніх ставковиків була така, котру посідають сучасні нам види секції *Corvusiana* [9]. Адаптивна радіація такої форми черепашки у ставковиків, приурочених у своєму поширенні до дуже відмінних умов їх місцеперебувань (*L. monnardi* – здебільшого до постійних водойм із поступальним рухом води (річки) або зі хвилебоєм (озера), а *L. vulnerata* – до невеличких стоячих, рідше – слабкопроточних періодично пересихаючих водойм), супроводжувалася різномірними напрямками морфологічної еволюції їх черепашок. У *L. vulnerata*, підпадаючого час від часу дії несприятливих для нього умов десикації [20], пристосування його до них відбувалося шляхом набуття цим видом відповідної форми і розмірів черепашки, котра надійно забезпечувала би цим тваринам сприятливі умови для дихання атмосферним киснем, надійно захищаючи їх при цьому від зайвих витрат води внаслідок її випаровування. Черепашка у цього виду, як і у інших стагніколаподібних ставковиків, середнього розміру (табл. 1), баштоподібна, з плоскими обертами і з відносно невеличким устям, що сприяє обмеженню випаровування води за зростання ступеня сухості середовища. Зменшення об’єму останнього оберта черепашки забезпечує збільшення загальної респіраторної поверхні легень, що дозволяє цим тваринам у разі потреби найефективніше використовувати і це морфо-фізіологічне пристосування до своєрідних умов їх місцеперебувань.

Натомість у *L. monnardi*, котрий зазвичай оселяється на прибережних мілководдях річок і озер і внаслідок цього підпадає впливу постійного поступального чи хвильового руху води, адаптивна радіація призвела до виникнення у нього морфологічних пристосовань, характерних ставковикам амплаподібною життєвої форми. Перш за все це стосується особливостей будови його черепашки. Вона середнього розміру (табл. 1), обтічної форми, вухатоподібна, з низьким розплющеним завитком, верхівка якого

розміщена нижче верхнього краю устя. До того ж у цього моллюска дуже масивна мускулиста нога з величезною плоскою підошвою, слугуюча їм для надійного прикріплення до донних субстратів (до щільних – способом пневматичного присмоктування, до м'яких – використовуючи силу тертя, виникаючого внаслідок щільного контакту між підошвою ноги і донними відкладеннями).

Таблиця 1

Мірні (мм) конхіологічні параметри різних видів ставковиків

Параметр	n	<i>L. vulnerata</i>			<i>L. monnardi</i>		
		lim	M±m	CV	lim	M±m	CV
Висота черепашки	25	19,3-22,1	21,91±0,17	16,24	18,7-21,3	20,11±0,19	15,11
Ширина черепашки	25	8,7-9,1	9,05±1,13	13,12	18,4-20,8	20,50±0,13	12,16
Висота завитка	25	14,0-14,3	14,10±0,39	18,15	0,57-0,62	0,60±0,12	18,20
Висота устя	25	7,8-8,1	8,24±0,67	15,13	19,1-21,7	20,60±0,12	17,15

Примітки: lim – найменше і найбільше значення варіант; M – середнє значення; m – похибка до нього; CV – коефіцієнт варіації.

Мета роботи: на прикладі двох видів ставковиків, належних до різних життєвих форм, з'ясувати особливості їх способу життя, живлення і травлення у нормі і за впливу на них різних концентрацій іонів Ст (III) водного середовища.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Досліджено 422 екз. *Lymnaea vulnerata* (Küster, 1862) і 215 екз. *L. monnardi* (Hartmann, 1844) зібраних вручну на Житомирщині у липні 2016 р.: перших із них – у лісовій Поліській природно-географічній зоні (с. Кованка), других – у Лісостеповій зоні (с. Ходорків), у вкрай відмінних між собою біотопах. З них *L. vulnerata* – у р. Болотниці (права притока Прип'яті) і невеличких стоячих водоймах її заболоченої заплави. Річка тут вузька (1,5–2,0 м) і неглибока (до 0,75 м), активна реакція її води, як і дрібних заплавних водойм, від слабкокислої до нейтральної (рН – 5,5–7,0). Від місця збору матеріалу і на відтинку річки у північному її напрямку протягом 2,5 км течія відсутня. Дно мулисте, грузьке, двошарове: нижній шар його потужний, представлений чорним мулом, верхній – значно тонший шар мулу сірого. Спекотне літо 2016 р. спонукало підсилення випаровування річкової води і, як наслідок цього, оголення берегової смуги шириною 10–15 см як самої річки, так і дрібних періодичних водойм її заплави.

Рослинність і у Болотниці, і у періодичних водоймах представлена буйно розросталою сланню хари, серед якої де-не-де трапляються хоча й невеличкі за зайнятими ними площами проте з дуже щільним травостоєм частіше – куртини кушира, рідше – рдесника. Щільність населення *L. vulnerata* тут становить 7,5 екз./м².

Місцеперебування *L. monnardi* – це прибережна смуга верхньої течії р. Ірпінь (права притока Дніпра) глибиною 5–10 см. Швидкість стокової течії тут становить 12–35 см/с, а течій вітрових є у 3–5 разів більшою. Дно піщане дрібнозернисте з намулком (товщина останнього – 2,5–4,5 мм). Активна реакція води від нейтральної до слабколужної або лужної (рН=6,5–9,0). У макрофіталі на піщаних мілководдях представлена водопериця, трохи глибше (на ділянках із значними нанесеннями намулку) звичайним є представник повітряно-водних макрофітів – частуха. Переважаюча більшість ірпінської популяції *L. monnardi* найтривалішу частину свого життя проводить неподалік від урізу води на ділянках дна вкритих суцільним шаром, утвореним густими сплетіннями дерновиння кладофори товщиною 1,5–3,5 см. Щільність поселення тут цього ставковика сягає 31 екз./м².

За якісним складом водяна рослинність місцеперебувань досліджуваних нами ставковиків суттєво різнилася між собою (табл. 2, 3), хоча в обох випадках була представлена однаковими категоріями фітобентосу – водоростями і вищою водяною рослинністю. Проте видовий склад обох цих груп щодо кожного з видів ставковиків був абсолютно різним, що зумовлювалося конче відмінними умовами середовищ їх місцеперебувань.

Так, у річковому басейні Болотниці кількісно домінуючою водяною рослинністю були харові водорості (Charophyta), а вищу водяну рослинність тут представляли гідатофіти – кушир і рдесник. Натомість у р. Ірпінь домінували зелені водорості (Chlorophyta), а вищу водяну рослинність являли собою дві різні екологічні групи – гідатофіти (водопериця) і гелофіти (частуха). Так виглядає якісний склад автохтонних рослинних ресурсів, придатних для задоволення кормових потреб заселяючих ці водойми ставковиків. Зауважимо, що у місцеперебування як *L. vulnerata*, так і *L. monnardi* час від часу потрапляє (з течією або занесений вітром) алохтонний рослинний матеріал (опале листя з деревної рослинності).

Доставлених у стаціонарні умови тварин було піддано 15-добовій аклімації задля дотримання “чистоти” постановки основного (токсикологічного) експерименту [24]. Умови аклімації: ємність акваріумів – 3 л, щільність посадки молюсків – 5 екз./л, температура води – 19–21°C, рН – 8,1–8,4, оксигенізація – 7,9–8,4 мг О₂/дм³. Тварин годували рослинними об’єктами, здобутими із тих же водойм, із яких було взято і їх самих.

Токсикологічний експеримент поставлено у відповідності до методичних вказівок [1]. Як токсикант використано хром сульфат – Cr₂(SO₄)₃ (з маркуванням ч.д.а.) у концентраціях, обрахованих у значеннях ГДКр (у мг/дм³), – 0,5 ГДКр, ГДКр, 2 ГДКр, 3 ГДКр. Експозиція – 10 діб. Встановлено значення таких основних трофологічних показників: ВСР – величина середньодобового раціону, ТПК – тривалість проходження корму, КЗК – кількість засвоєння корму, ШДПЕ – швидкість продукції екскрементів, ШДА – швидкість добової асиміляції. Значення ВСР, ТПК, КЗК встановлено за [22, 25], ШДПЕ і ШДА – за [27]. Як корм у трофологічних дослідженнях використано: з автохтонного кормового матеріалу – водорості (*Cladophora glomerata* і *Chara vulgaris*) і вищі водяні рослини – частуху подорожникову (*Alisma plantago-aquatica*), водоперицю колосисту (*Myriophyllum spicatum*), кушир темнозелений (*Ceratophyllum demersum*), рдесник пронизанолистий (*Potamogeton perfoliatus*), а з алохтонного матеріалу – опале листя, занесене вітром у водойму, з липи – *Tilia* sp., із верболізу – *Salix* sp. По завершенні цього дослідження молюсків анатомували для обстеження їх гепатопанкреаса і гермафродитної залози – гостальних біотопів, у яких зазвичай локалізуються їх паразити – плоскі черви (Trematoda). У даній роботі проаналізовано тільки ті результати, котрі стосуються лише вільних від трематодної інвазії ставковиків. Їх опрацьовано методами базової варіаційної статистики за [11].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

У родині ставковикових досліджувані нами види, репрезентуючи собою один і той же рід (*Lymnaea*), у межах останнього займають різне систематичне положення, належачи згідно найсучасніших уявлень щодо класифікації і систематики родини ставковикових до різних його підродів і секцій. А саме: *L. vulnerata* входить до підроду *Stagnicola* (у складі секції *Ladislavella*), а *L. monnardi* – до підроду *Peregriana* (секція *Cyphideana*) [8–10].

Ці види ставковиків різняться між собою неоднаковою біотопічною приуроченістю, чим зумовлюється вплив на кожного з них різних умов гідрологічного і гідрохімічного режимів, притаманних характерним для них місцеперебуванням. Наслідком цього є природна морфологічна і фізіологічна відокремленість цих видів між собою, зумовлена належністю їх до різних життєвих форм (у розумінні цього поняття, сформульованого за

[26], – стагніколаподібною (*L. vulnerata*) і амплаподібною (*L. monnardi*). Поняття «життєва форма» цитовані вище авторки трактують як сукупність морфологічних пристосувань організмів до основних чинників їх місцеперебувань і певного способу життя. Саме у такому розумінні і застосовується це поняття у сучасних гідроекології і малакології [9, 10, 14]. При цьому слід наголосити на тому, що життєва форма – невід’ємне свідчення екологічної толерантності виду, ступеня пристосованості його до умов середовища, визначаючою його екологічні спроможності.

Таблиця 2

Вплив іонів Cr (III) на трофологічні показники *L. vulnerata*

Кормові об'єкти	n	ВСР, %	ТПК, хв.	КЗК, %	ШДПЕ	ШДА
		M±m CV	M±m CV	M±m CV	M±m CV	M±m CV
Контроль						
Хара	21	4,01±0,43 46,01	209,14±19,17 43,15	60,21±4,31 41,02	0,0096±0,0008 42,15	0,0126±0,0014 41,13
Кушир	19	4,45±0,39 41,12	201,32±26,20 52,11	67,19±5,08 32,18	0,0129±0,0007 39,71	0,0259±0,0008 37,15
Рдесник	18	3,07±0,26 45,03	215,12±26,20 45,16	46,13±6,87 33,12	0,0073±0,0005 34,03	0,0067±0,0007 40,34
Верболіз	20	2,90±0,17 44,05	238,20±41,13 45,07	40,11±7,25 39,16	0,0069±0,0004 31,11	0,0036±0,0005 32,33
0,5 ГДКр						
Хара	18	3,97±0,26 58,14	209,11±19,18 41,42	57,19±4,27 39,13	3,0106±0,0009 40,21	0,0131±0,0015 38,11
Кушир	11	4,49±0,40 39,17	207,13±20,21 47,20	68,15±3,92 32,28	0,0135±0,0007 31,45	0,0261±0,0017 34,53
Рдесник	12	2,94±0,19 47,11	2016,13±24,1 3 40,82	49,32±5,97 31,29	0,0081±0,0004 35,14	0,0070±0,0007 39,05
Верболіз	13	2,98±0,22 43,15	240,20±39,29 43,12	42,33±5,26 33,11	0,0073±0,0005 29,78	0,0039±0,0006 34,13
ГДКр						
Хара	15	4,13±0,74 38,21	212,01±26,13 53,17	65,03±5,12 37,11	0,0117±0,0007 32,41	0,0164±0,0016 40,21
Кушир	14	5,45±0,73 42,16	206,14±31,15 48,03	77,09±5,64 50,01	0,0175±0,0008 33,15	0,0289±0,0022
Рдесник	17	3,41±0,16 41,07	217,28±20,12 44,32	53,18±6,01 29,19	0,0102±0,0016 38,14	0,0092±0,0009 33,11
Верболіз	18	3,05±0,46 40,41	248,5±61,14 51,13	44,01±6,04 30,15	0,0089±0,0009 31,26	0,0051±0,0007 32,24
2 ГДКр						
Хара	12	4,63±0,87 35,13	221,05±36,37 45,15	77,14±6,16 34,43	0,0136±0,0007 41,18	0,0199±0,0020 30,14
Кушир	18	6,09±0,99 48,07	218,14±31,31 47,12	94,11±7,13 51,51	0,0269±0,0010 35,08	0,0355±0,0019 30,14
Рдесник	14	3,84±0,90 43,43	231,34±29,07 36,27	58,40±7,12 31,10	0,0119±0,0013 35,12	0,0113±0,0008 41,16

Кормові об'єкти	n	ВСР, %	ТПК, хв.	КЗК, %	ШДПЕ	ШДА
		M±m CV	M±m CV	M±m CV	M±m CV	M±m CV
Верболіз	16	3,18±0,27 39,31	270,13±14,11 30,05	28,20±7,09 25,08	0,0111±0,0013 44,16	0,0092±0,0011 37,62
3 ГДкр						
Хара	17	2,01±0,09 30,07	98,12±19,16 41,44	38,12±6,17 44,17	0,0051±0,0005 41,17	0,0072±0,0001 34,15
Кушир	14	3,12±0,30 33,24	101,32±20,21 51,03	43,14±9,18 40,07	0,0057±0,0006 31,19	0,0083±0,0002 31,08
Рдесник	13	2,09±0,11 28,16	99,12±12,17 37,03	41,11±6,21 31,07	0,0063±0,0005 39,22	0,0063±0,0004 39,17
Верболіз	12	2,10±0,08 26,15	109,13±14,11 30,05	22,03±6,05 23,30	0,0045±0,0004 40,04	0,0021±0,0003 40,12

Примітки: ВСР – величина середньодобового раціону; ТПК – тривалість проходження корму; КЗК – коефіцієнт засвоюваності корму; ШДПЕ – швидкість добової продукції експериментів; ШДА – швидкість добової асиміляції.

Таблиця 3

Вплив іонів Cr (III) на трофологічні показники *L. monnardi*

Кормові об'єкти	n	ВСР, %	ТПК, хв	КЗК, %	ШДПЕ	ШДА
		M±m CV	M±m CV	M±m CV	M±m CV	M±m CV
Контроль						
Кладофора	10	5,68±0,69 37,11	197,25±47,05 42,11	61,15±4,78 30,62	0,0145±0,0009 23,24	0,0205±0,0012 35,13
Частуха	12	3,29±0,27 34,09	229,21±19,36 46,08	56,39±5,53 38,41	0,0139±0,0008 21,29	0,0191±0,0016 41,11
Водопериця	11	2,85±0,34 39,15	241,18±21,12 43,09	47,18±4,19 40,31	0,0128±0,0007 23,43	0,0158±0,0013 39,22
Липа	10	1,21±0,18 40,37	333,12±43,14 48,01	40,12±4,23 40,19	0,0070±0,0006 25,31	0,0048±0,0006 47,11
0,5 ГДкр						
Кладофора	15	5,87±0,24 36,18	236,14±40,02 51,12	63,01±5,40 30,21	0,0150±0,0009 24,27	0,0209±0,0013 41,12
Частуха	11	3,51±0,33 37,16	243,23±20,16 47,30	58,22±4,76 30,64	0,0144±0,0009 23,65	0,0194±0,0020 37,18
Водопериця	9	3,00±0,22 41,20	248,28±25,11 49,07	49,20±5,63 40,13	0,0131±0,0008 26,04	0,0173±0,0016 42,33
Липа	10	1,29±0,19 28,36	338,15±41,63 45,25	41,00±4,24 40,28	0,0076±0,0006 33,40	0,0051±0,0007 52,19
ГДкр						
Кладофора	11	6,01±0,47 39,08	248,11±32,79 43,25	65,22±7,20 36,62	0,0157±0,0007 30,33	0,0193±0,0009 37,08
Частуха	10	3,62±0,24 38,16	267,12±31,31 45,19	60,09±3,13 37,15	0,0143±0,0009 43,02	0,0201±0,0018 42,05
Водопериця	10	3,18±0,33 40,15	289,88±34,04 53,10	53,01±4,16 40,02	0,0142±0,0008 26,17	0,0189±0,0009 47,13

Кормові об'єкти	n	ВСР, %	ТПК, хв	КЗК, %	ШДПЕ	ШДА
		M±m CV	M±m CV	M±m CV	M±m CV	M±m CV
Липа	10	1,35±0,13 36,21	341,15±39,39 46,03	43,10±5,13 39,25	0,0081±0,0006 28,17	0,0055±0,0013 43,15
2 ГДКр						
Кладофора	14	6,33±0,24 38,14	321,15±46,29 60,03	75,19±5,98 31,27	0,0276±0,0009 27,78	0,0225±0,0020 41,29
Частуха	13	4,02±0,26 39,17	338,09±34,67 46,53	84,19±4,96 40,15	0,0168±0,0008 26,25	0,0210±0,0022 40,20
Водопериця	11	3,43±0,29 41,15	389,30±29,12 43,55	60,12±5,31 41,17	0,0179±0,0007 29,31	0,0198±0,0015 43,03
Липа	9	1,39±0,08 38,11	403,05±40,07 42,11	48,16±3,14 36,12	0,0099±0,0006 34,25	0,0168±0,0008 52,24
3 ГДКр						
Кладофора	9	2,37±0,06 34,43	151,12±22,20 54,08	42,18±4,11 30,45	0,0101±0,0007 26,38	0,0180±0,0006 43,06
Частуха	10	2,03±0,08 33,10	141,12±22,50 41,42	37,16±5,89 30,66	0,0098±0,0007 29,00	0,0176±0,0015 41,21
Водопериця	11	1,90±0,10 37,04	99,82±30,17 45,11	28,08±7,18 32,16	0,0078±0,0008 29,32	0,0141±0,0007 39,14
Липа	9	0,80±0,11 38,42	47,25±10,21 43,07	17,12±3,08 35,14	0,0060±0,0006 36,54	0,0046±0,0005 54,30

Вимоги *L. vulnerata* і *L. monnardi* до якісного складу їх кормового раціону вкрай різні, що зумовлене різко вираженою специфічністю умов їх місцепроживань. Виходячи із кількісних значень показника величини середньодобового раціону (ВСР) можна оцінити активність живлення кожного із ставковиків щодо кожного із запропонованих їм видів корму за даними, представленими у таблицях 2 і 3, а також за ступенем віддання молюсками переваги тому чи іншому кормовому об'єкту, визначеним за [14]. Такий матеріал представлений у таблиці 4.

Таблиця 4

Вибірковість живлення різних життєвих форм ставковиків

Ступінь надання переваги кормовому об'єкту	<i>L. vulnerata</i>	<i>L. monnardi</i>
Переважаючий	Кушир	Кладофора
Другорядний	Хара	Частуха
Заміняючий	Рдесник	Водопериця
Випадковий	Верболіз	Липа

Слід відзначити, що *L. vulnerata* з запропонованих йому кормових об'єктів найохочіше споживає кушир, який є нечисленним як у руслі Болотниці, так і у стоячих водоймах її басейну, у той же час як хару, утворюючи в них суцільні зарості, цей молюск використовує лише у другу чергу. Істотне переважання у кормовому раціоні *L. monnardi* кладофори є цілком закономірним, оскільки в Ірпіні, як зауважувалося вже вище, ці молюски проводять переважну частину свого життя, перебуваючи на шарі дерновини, утвореної цією водоростю, котрою вони до того ж вельми охоче живляться. Лише

періодично ці ставковики мігрують на інші ділянки займаного ними біотопу задля споживання вищої водної рослинності. З неї найохочіше використовується ними малочисельна тут і досить важкодоступна для них частуха, а як заміняючий корм – ширше розповсюджена і значно доступніша водопериця.

Експозиція досліджуваних ставковиків у середовищах, затруєних іонами Cr (III) у діапазоні концентрацій 0,5–2 ГДКр, активізує здійснення ними усіх, без виключення, трофологічних функцій ($P \geq 94,5-99,9\%$), проте не всіх із них в однаковій мірі. Так, якщо піднесення значень показників їх ВСР і ТПК, якими засвідчується кількість спожитого ставковиками кормового матеріалу і темпи перетравлювання його у різних відділах їх травного тракту, за цих обставин зростають в 1,1–1,2 рази, то підвищення значень тих із них, за якими можна судити про рівень напруженості їх асиміляційних метаболічних процесів (КЗК, ШДПЕ, ШДА), підносяться у них у більшій мірі – в 1,3–1,4 рази. Це підтверджує загально визнану закономірність, що невід'ємною умовою забезпечення життєвості кожного із біонтів є безперервність у нього обміну речовин, у котрому асиміляційні процеси домінують над процесами дисиміляційними [17]. Враховуючи те, що для гідробіонтів іони Cr (III) є отрутою сильнотоксичної дії, зростання значень трофологічних показників в обговорюваному випадку слід розцінювати як прояв захисних властивостей організму ставковиків, скерованих на протидію ушкоджуючому чиннику.

За 3ГДКр іонів Cr (III) у середовищі відзначено порушення кормової поведінки ставковиків – частина з них (*L. vulnerata* – 7,5, *L. monnardi* – 8,9%) повністю відмовилася від запропонованого їм корму. Половина з цих «голодуючих» особин відмерла невдовзі до моменту завершення експозиції. Щодо споживання заданих їм кормів відзначено різке падіння значень усіх, без виключення, трофологічних показників ($P > 99,9\%$), що свідчить про істотне пригнічення перебігу у них процесів живлення і травлення. Наголосимо, однак, на тому, що ці зрушення у трофіці ставковиків не є наслідком прямої дії токсиканта на органи їх травної системи. Адже іони Cr (III) – токсикант локальної дії, який впливає на респіраторний епітелій їх легень. Ушкодження його викликає ослаблення дихальної функції, а інтенсивна руйнація супроводжується повним припиненням їх функціонування. За таких обставин порушується кисне- і енергозабезпечення різних фізіологічних систем органів, залежних від інтенсивності аеробного метаболізму, а у інших – і органів травної системи ставковиків [15].

У другій половині ХХ ст. було з'ясовано, а до сьогодні неодноразово підтверджено [2, 3], що за отруєння гідробіонтів токсикантами будь-якої природи відтинок часу від латентного до летального перебігу у них патологічного процесу (отруєння) завжди представлений п'ятьма фазами, які у закономірному порядку слідує одна за одною. Кожній із них відповідає чітко визначений притаманний лише їй симптомокомплекс клініки отруєння.

У *L. vulnerata* і *L. monnardi*, являючих собою різні життєві форми ставковиків, кожна із фаз патологічного процесу, споводованого отруєнням їх іонами Cr (III), зумовлювалася однаковими відповідними їм дозами токсиканта (табл. 5).

З таблиці 5 видно, що фаза стимуляції у обох досліджуваних ставковиків відповідає двом концентраціям іонів Cr (III) – ГДКр і 2ГДКр. За ГДКр іонів Cr (III) у них відбувається піднесення рівня здійснення усіх трофологічних процесів, прогресуюче надалі з підвищенням концентрації токсиканта у середовищі до рівня 2ГДКр. За 3ГДКр Cr (III) у середовищі у обох досліджуваних видів ставковиків послідовно одна за одною проявлялися завершальні фази процесу отруєння: найтриваліша з них депресивна (у *L. monnardi* – 5,5–7,0, у *L. vulnerata* – 6,0–7,5 діб) і короткотриваліші сублетальна і летальна – 1,5–2,0 і 1,0–1,5 доби відповідно.

Таблиця 5

Фазність процесу отруєння різних життєвих форм ставковиків у залежності від концентрації токсиканта

Концентрація іонів Cr (III)	Фази патологічного процесу	
	<i>L. vulnerata</i>	<i>L. monnardi</i>
0,5 ГДКр	Байдужості	Байдужості
ГДКр	Стимуляції	Стимуляції
2 ГДКр	Стимуляції	Стимуляції
3 ГДКр	Депресивна, сублетальна, летальна	Депресивна, сублетальна, летальна

ВИСНОВКИ

1. В Україні родина Lymnaeidae (39 видів) представлена п'ятьма життєвими формами, з яких найпоширенішими є амплаподібні (*L. monnardi*) і стагніколаподібні (*L. vulnerata*) ставковики.
2. Тривалий природний добір у вкрай відмінних умовах довкілля спричинився до формування докорінних відмінностей як у морфологічних (конхіологічних) особливостях цих тварин, так і у способах їх життя. Малорухомий реофіл *L. monnardi* заселяє прибережну смугу річок, а стагнофільний тельматофіл *L. vulnerata* – звичайний мешканець періодичних водойм.
3. Ці ставковики – облигатні фітофаги. Кормовий раціон *L. monnardi* і *L. vulnerata* складається з водоростей і вищої квіткової рослинності. Видовий склад кормових об'єктів у них різний через суттєві відмінності, притаманні їх місцеперебуванню.
4. У середовищах із ГДКр – 3ГДКр іонів Cr (III) у обох досліджених видів ставковиків виникає процес отруєння їх. На ГДКр і 2ГДКр токсиканта моллюски відповідають піднесенням значень трофологічних показників, а за 3ГДКр його – значним їх падінням, а надалі – відмовою від корму, знерухомленням, знечуженням і загибеллю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Алексеев ВА. Основные принципы сравнительно-токсикологического эксперимента. Гидробиол. журн. 1981;17(3):92–100.
2. Веселов ЕА. Основные фазы действия токсических веществ на организмы. Тез. докл. Всесоюз. науч. конф. по вопросам водной токсикологии. (30 января–2 февраля 1968 г.). М.: Наука, 1968:15–16.
3. Веселов ЕА. Проблемы водной токсикологии. Междунар. сборн. Петрозаводск: ПГУ, 1985. 104 с.
4. Гірій ВА., Колісник ІА., Косо́вєць ОО., Кузнєцова ТО. Динаміка якості поверхневих вод України на початку ХХІ століття. Гідробіологія, гідрохімія і гідроекологія. 2011;4(25):129–130.
5. Гранично допустимі значення показників якості води для рибогосподарських водойм [№ 12-04-11, чинний від 09.09.1990]. Київ: Мініст. рибн. госп. УРСР, 1990. 45 с.
6. Гусева ТВ, Молчанова ЯП, Заика ЭА. и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. М.: Эколайн, 2000. 127 с.
7. Киричук ГЄ. Фізіолого-біохімічні механізми адаптацій прісноводних моллюсків до змін біотичних та абіотичних чинників водного середовища [автореферат]. Київ, 2011. 44 с.

8. Круглов НД. Моллюски семейства Lymnaeidae СССР, особенности их экологии и практическое значение (Gastropoda:Pulmonata) [автореферат]. Л., 1985. 41с.
9. Круглов НД. Моллюски семейства прудовиков (Lymnaeidae, Gastropoda,Pulmonata) Европы и северной Азии. Смоленск: СГПУ, 2005. 507 с.
10. Круглов НД., Старобогатов ЯИ. Жизненные формы лимнеид и некоторые проблемы построения системы. 8-ое Всесоюзн. совещ. по изучению моллюсков. Л.: Наука, 1987: 68–70.
11. Лакин БФ. Биометрия. М.: Высш.шк., 1990. 351 с.
12. Линник ПН. Тяжелые металлы в поверхностных водах Украины: содержание и формы миграции. Гидробиол. журн. 1999;35(1):22–42.
13. Линник ПН. Донные отложения водоемов как потенциальный источник загрязнения водной среды соединениями тяжелых металлов. Гидробиол. журн. 1999;35(2):97–109.
14. М'якушко ВК., Вольвач ФК. Екологія. Київ: Радян. школа, 1984. 169 с.
15. Пінкіна ТВ, Пінкін АА. Вплив іонів важких металів на харчову поведінку молюсків (Gastropoda). Біологія та екологія. 2019;5(2):83–90.
16. Романенко ВД. Основи гідроекології. Київ : Обереги, 2001. 728 с.
17. Словник української біологічної термінології. Під ред. Д.М. Гродзинського і Л.О. Симоненка. Київ: КММ, 2012. 744 с.
18. Сніжко СІ, Орлов ОО, Закревський ДВ. та ін. Гідрохімія та радіохімія річок і боліт Житомирської області. Житомир: Волинь, 2002. 169 с.
19. Стадниченко АП. Прудовиковые и чашечковые (Lymnaeidae, Acroloxidae) України. Киев: Центр учебн. лит-ры, 2004. 327 с.
20. Стадниченко АП., Гирич ВК. Вплив десикації на трофологічні показники *Lymnaea vulnerata* (Mollusca, Gasrtopoda: Lymnaeidae). Актуальні питання біологічної науки. Ніжин, 2018:44–46.
21. Стадниченко АП., Киричук ГЄ. Влияние трематодной инвазии и сульфата хрома на содержание общего белка в гемолимфе *Viviparus viviparus* (Mollusca: Gasrtopoda: Rectinibranchia). Паразитология. 2002;36(3):240–246.
22. Сушкина АП. Питание и рост некоторых брюхоногих моллюсков. Тр. ВГБО. 1949;1:118–131.
23. Филенко ОФ., Михеева ИВ. Основы водной токсикологии. М.: Колос, 2007. 142 с.
24. Хлебович ВВ. Акклимация животных организмов. Л.: Наука, 1981. 136 с.
25. Цихон-Луканина ЕА. Трофология водных моллюсков. М.: Наука, 1987. 176 с.
26. Чернова НМ., Былова АМ. Экология. М.: Просвещение, 1988. 247 с.
27. Petruszewicz K., Macfadyen A. Productivity of terrestrial animals. Principles and methods. IBP Hand. 13. Oxford: Blackwell, 1970;325–360.

REFERENCES

1. Alekseev VA. Osnovnye printsipy sravnitel'no-toksikologicheskogo ehksperimenta. Gidrobiol. zhurn. 1981;17(3):92–100. [in Russian].
2. Veselov EA. Osnovnye fazy dejstviya toksicheskikh veshhestv na organizmy. Tez. dokl. Vsesoyuz. nauch. konf. po voprosam vodnoj toksikologii. (30 yanvarya–2 fevralya 1968 g.). M.: Nauka, 1968:15–16. [in Russian].
3. Veselov EA. Problemy vodnoj toksikologii. Mezhdunar. sborn. Petrozavodsk: PGU, 1985. 104 s. [in Russian].
4. Hirii VA., Kolisnyk IA., Kosovets OO., Kuznietsova TO. Dynamika yakosti poverkhnevyykh vod Ukrainy na pochatku XXI stolittia // Hidrobiolohiia, hidrokhiimiia i hidroekolohiia. 2011;4(25):129–130. [in Ukrainian].
5. Hranychno dopustymi znachennia pokaznykiv yakosti vody dlia rybohospodarskykh vodoim

- [№ 12-04-11, chynnyi vid 09.09.1990]. Kyiv: Minist. rybn. hosp. URSR, 1990. 45 s. [in Ukrainian].
6. Guseva TV, Molchanova YAP, Zaika EHA. i dr. Gidrokhimicheskie pokazateli sostoyaniya okruzhayushhej sredey. M.: EHKolajn, 2000. 127 s. [in Russian].
 7. Kyrychuk HE. FizioloHo-biokhimichni mekhanizmy adaptatsii prysnovodnykh moliuskiv do zmin biotychnykh ta abiotychnykh chynnykiv vodnoho seredovyshcha [avtoreferat]. Kyiv, 2011. 44 s. [in Ukrainian].
 8. Kruglov ND. Mollyuski semejstva Lymnaeidae SSSR, osobennosti ikh ehkologii i prakticheskoe znachenie (Gastropoda:Pulmonata) [avtoreferat]. L., 1985. 41s. [in Russian].
 9. Kruglov ND. Mollyuski semejstva prudovikov (Lymnaeidae, Gastropoda,Pulmonata) Evropy i severnoj Azii. Smolensk: SGPU, 2005. 507 s. [in Russian].
 10. Kruglov ND., Starobogatov YAI. ZHiznennyye formy limneid i nekotorye problemy postroeniya sistemy. – 8-oe Vsesoyuzn. soveshh. po izucheniyu mollyuskov. L.: Nauka, 1987: 68–70. [in Russian].
 11. Lakin BF. Biometriya. M.: Vyssh.shk., 1990. 351 s. [in Russian].
 12. Linnik PN. Tyazhelye metally v poverkhnostnykh vodakh Ukrainy: sodержanie i formy migratsii. Hidrobiol. zhurn. 1999;35(1):22–42. [in Russian].
 13. Linnik PN. Donnye otlozheniya vodoemov kak potentsial'nyj istochnik zagryazneniya vodnoj sredey soedineniyami tyazhelykh metallov. Hidrobiol. zhurn. 1999;35(2):97–109. [in Russian].
 14. M'iakushko VK., Volvach FK. Ekolohiia. Kyiv: Radian. shkola, 1984. 169 s. [in Ukrainian].
 15. Pinkina TV, Pinkin AA. Vplyv ioniv vazhkykh metaliv na kharchovu povedinku moliuskiv (Gastropoda). Biolohiia ta ekolohiia. 2019;5(2):83–90. [in Ukrainian].
 16. Romanenko VD. Osnovy hidroekolohii. Kyiv : Oberehy, 2001. 728 s. [in Ukrainian].
 17. Slovnyk ukrainskoi biolohichnoi terminolohii. Pid red. D.M. Hrodzynskoho i L.O. Symonenka. Kyiv: KMM, 2012. 744 s. [in Ukrainian].
 18. Snizhko SI, Orlov OO, Zakrevskiy DV. ta in. Hidrokhimiiia ta radiokhimiiia richok i bolit Zhytomyrskoi oblasti. Zhytomyr: Volyn, 2002. 169 s. [in Ukrainian].
 19. Stadnichenko AP. Prudovikovyye i chashechkovyye (Lymnaeidae, Acroloxidae) Ukraïni. Kiev: TSentr uchebn. lit-ry, 2004. 327 s.
 20. Stadnychenko AP., Hyryn VK. Vplyv desykatsii na trofolohichni pokaznyky *Lymnaea vulnerata* (Mollusca, Gasrtopoda: Lymnaeidae). Aktualni pytannia biolohichnoi nauky. Nizhyn, 2018: 44-46 [in Ukrainian].
 21. Stadnichenko AP., Kirichuk GC. Vliyanie trematodnoj invazii i sul'fata khroma na sodержanie obshhego belka v gemolimfe *Viviparus viviparus* (Mollusca: Gasrtopoda: Pectinibranhia). Parazitologiya. 2002;36(3):240–246 [in Russian].
 22. Sushkina AP. Pitanie i rost nekotorykh bryukhonogikh mollyuskov. Tr. VGBO. 1949;1:118–131. [in Russian].
 23. Filenko OF., Mikheeva IV. Osnovy vodnoj toksikologii. M.: Kolos, 2007. 142 s. [in Russian].
 24. KHlebovich VV. Akklimatsiya zhivotnykh organizmov. L.: Nauka, 1981. 136 s. [in Russian].
 25. TSikhon-Lukanina EA. Trofologiya vodnykh mollyuskov. M.: Nauka, 1987. 176 s. [in Russian].
 26. CHernova NM., Bylova AM. EHkologiya. M.: Prosveshhenie, 1988. 247 s. [in Russian].
 27. Petruszewicz K., Macfadyen A. Productivity of terrestrial animals. Principles and methods. IBP Hand. 13. Oxford: Blackwell, 1970;325–360.

Стаття надійшла до редакції 21.11.2020.
The article was received 21 November 2020.