

А. П. Стадниченко<sup>1</sup>, д.б.н., професор

О. І. Увасва<sup>3</sup>, д.б.н., професор

Г. Є. Киричук<sup>2</sup>, д.б.н., професор

Житомирський державний університет імені Івана Франка,  
вул. В. Бердичівська, 40, м. Житомир, 10008, Україна;

<sup>1</sup>кафедра зоології, біологічного моніторингу та охорони природи,

<sup>2</sup>кафедра ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття,

<sup>3</sup>Державний університет «Житомирська політехніка», кафедра екології,

вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, 10005, Україна, e-mail: bio-2016@ukr.net

## СИМПТОМАТИКА ОТРУЄННЯ СТАВКОВИКІВ (MOLLUSCA, GASTROPODA, LYMNAEIDAE) ХРОМ СУЛЬФАТОМ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Постановкою токсикологічного експерименту досліджено наслідки впливу (10 діб) різних концентрацій (0,5 ГДК, ГДК, 2 ГДК, 3 ГДК) іонів Cr (III) водного середовища на деякі з патологічних і захисно-приспосувальних реакцій червононогих легеневих молюсків гідромережі України – *Lymanaea atra* (Schranck, 1803), *L. callomphala* (Servain, 1881) і *L. turricula* (Held, 1836), зібраних як у постійних, так і у періодичних водоймах басейну Середнього Дніпра. Cr (III) – ендогенний токсикант, потрапляючи в організм молюсків осмотичним способом перкутанно, викликає (за умови певного рівня його кумуляції в них) розвиток у цих тварин отруєння – п'ятифазного патологічного процесу, кожна із фаз якого відзначається певним притаманним їй симптомокомплексом.

**Ключові слова:** Cr (III); ставковики; фазність отруєння; симптоматика.

Успішність функціонування будь-яких природних гідроекосистем і їх компонентів – гідробіонтів поверхневих вод України все більше залежить від рівня антропогенного забруднення водного середовища. Суттєвою складовою останніх є мікроелементи, з яких визначальну роль у метаболічних процесах, що забезпечують енергетичний обмін, отже і ступінь життєспроможності водяних тварин, відіграють іони важких металів. Наразі забруднення ними гідросфери стало одним із головних чинників лімітуючих інтенсивність функціонування гідроекосистем і визначаючих рівень їх біопродуктивності [7]. Адже іони важких металів, являючи собою неодмінну складову молекул низки органічних речовин, у мікродозах є обов'язковими компонентами біологічно важливих центрів, що впливають на перебіг основоположних біохімічних процесів життєзабезпечення організму гідробіонтів [20]. У надмірно же високих концентраціях іони важких металів виявляються вкрай шкідливими, а нерідко – згубними для багатьох видів водяних тварин унаслідок патогенної токсичної або канцерогенної дії на них цих поллютантів [2, 9].

Саме до таких із них належить і мікроелемент Cr (III). У чистих або майже чистих природних водах Східної Європи вміст цього хімічного елементу природного походження (внаслідок вилуження з деяких хромовмісних гірських порід і з донних відкладень через розкладання детриту) є зазвичай невисоким, коливаючись у межах від кількох десятих мікрограма до кількох мікрограмів у 1 дм<sup>3</sup> [8]. В Україні набагато вагомішим є інший шлях потрапляння хромовмісних сполук у її гідромережу, а саме: антропогенне забруднення недоочищеними або взагалі неочищеними стічними водами деяких промислових підприємств (металургійних, хімічних комбінатів та ін.) [15]. Так, у водосховищах Дніпровського каскаду вміст хрому у воді на кінець ХХ – початок ХХІ ст. становив 4,5–112,0, а у лиманах Дніпра – 12,6–142,0 мг/дм<sup>3</sup> [11]. У басейні р. Тетерів (правобережна притока Дніпра) – у р. Гнилоп'ять у 1991 р. була зосереджена 1/3 частина від усіх «хромових» забруднень гідромережі України внаслідок щорічного скидання в неї 6533,8 тис. м<sup>3</sup> стоків, забруднених хром сульфатом, тодішнім Бердичівським шкіроб'єднанням ім. Ілліча. Концентрація Cr (III) у водах Гнилоп'яті становила на той час 10,45 мг/дм<sup>3</sup> [23]. Значення же діючого лімітуючого показника токсикологічної шкідливості для тваринного населення водойм рибогосподарського призначення (ГДКр) щодо іонів Cr (III) сягає усього лише 0,005 мг/дм<sup>3</sup> [8]. Не зважаючи на деяку позитивну тенденцію до зменшення в останні роки вмісту важких металів у гідромережі України [6], концентрація їх у її річкових водах залишається все ще досить суттєвою.

Іони Cr (III) – токсиканти локальної дії, потрапляючи в організм гідробіотів осмотичним способом перкутанно [13]. Накопичуючись в їх тканинах і органах цих тварин і досягнувши певних рівнів концентрації вони викликають розвиток у них процесу отруєння – фазного патологічного процесу [4, 14], кожна з яких відзначається комплексом притаманних саме їй симптомів – як шкідливих, руйнівних, так і захисно-приспосувальних, різних як за їх природою, так і за способами вираження.

**Метою дослідження** було встановлення діапазону концентрацій Cr (III) водного середовища, які викликають розвиток у ставковиків проявів кожної із послідовних фаз патологічного процесу – отруєння їх цим токсикантом, а також виявлення симптомокомплексів як патологічного, так і захисно-приспосувального характерів, притаманних для кожної з них.

#### **Матеріали і методи дослідження**

Матеріали: 344 екз. ставковикових (Lymnaeidae) зібраних уручну у річках і водоймах їх придаткової системи басейну Середнього Дніпра у межах Українського Полісся і Лісостепової природно-географічних зон України у липні 2018 р. Докладніші відомості щодо цього представлені нижче (табл. 1).

Доставлених у лабораторію молюсків після уточнення за [16] їх видової належності було піддано 15-добовій аклімації, доцільність проведення якої перед постановкою будь-якого з токсикологічних лабораторних експериментів

давно вже докладно обґрунтована і беззаперечно доведена [19]. Умови акліматії: об'єм акваріумів – 10 л, щільність посадки піддослідних тварин – 4 екз./л, температура води – 20–23 °С, рН – 7,9–8,5, оксигенізація – 8,4–8,9 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Оновлення середовища – через кожні 2 доби. Годували молюсків листям частухи подорожничколистий (*Alisma plantago-aquatica* L.), рдесника кучерявого (*Potamogeton crispus* L.), водопериці колосистої (*Myriophyllum spicatum* L.) (у рівному кількісному їх співвідношенні).

Таблиця 1

## Відомості щодо матеріалу дослідження

Молюск	n, екз.	Висота черепашки, мм	Місце збору	
			Населений пункт	Біотоп
<i>Lymnaea atra</i> (Schranck, 1803)	117	24,1–27,2	с. Кривотин (Житомирська обл.)	Загатний ставок на р. Перга (притока р. Уборть)
<i>Lymnaea callomphala</i> (Servain, 1881)	109	18,6–20,9	смт. Бродацьке (Вінницька обл.)	Затон р. Гнилоп'ять (притока р. Тетерів)
<i>Lymnaea turricula</i> (Held, 1836)	118	11,7–14,8	с. Бучмани (Житомирська обл.)	Старик р. Жерів (притока р. Уж)

Токсикологічний строго стандартизований експеримент поставлено згідно з методичними рекомендаціями за [1]. Як токсикант ужито Cr<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> (з маркуванням ч.д.а.) у концентраціях, виражених у мг/дм<sup>3</sup> (у перерахунку на іони Cr (III)), відповідаючи значенням 0,5 ГДК, ГДК, 2 ГДК, 3 ГДК (ГДК – гранично допустима концентрація). ГДКсанітарно-токсикологічна = 0,5 мг/дм<sup>3</sup> [8]. Експозиція – 10 діб. Супроводження усіх дослідів контролем було обов'язковим. Про наслідки впливу різних концентрацій Cr (III) на ставковиків судили за результатами аналітичних даних, отриманих шляхом безпосереднього споглядання за показниками морфо-фізіологічних і етологічних зрушень як патологічного, так і захисно-приспосувального характеру. Зареєстровані у них значення показників серцевого ритму молюсків визначали за [24], їх легеневого дихання – за модифікованою нами методикою, запропонованою В. І. Жадіним [17], величини середньодобового раціону – за [18] протягом однодобового перебування піддослідних особин у затруєних середовищах. Останнім етапом дослідження молюсків було їх анатомування задля паразитологічного і морфопатологічного обстеження органів і тканин розтятих особин за [5]. Паразитів (партеніти (спороцисти, дочірні і материнські редії) і церкарії трематод) виявляли мікроскопіюванням (БІОЛАМ Р-15) тимчасових гістопрепаратів виготовлених із звичайних гостальних біотопів щодо цих гельмінтів – гепатопанкреаса і гермаф-

родитної залози. Для написання даної роботи було відібрано лише ті матеріали, котрі стосувалися виключно інтактних, вільних від паразитарної (трематодної) інвазії молюсків, чим забезпечено було «чистоту» токсикологічного експерименту. Патоморфологічні дослідження були скеровані на виявлення у ставковиків заподіяних впливом на них Cr (III) зрушень у розмірах, формі, консистенції, забарвленні органів і тканин.

Результати експериментів опрацьовано методами базової варіаційної статистики за [10] з використанням комп'ютерного пакету STATISTICA 6.0.

### Результати дослідження та їх обговорення

Одразу зауважимо, що з численних наявних на сьогодні публікацій, присвячених впливу іонів важких металів на водних малакобонтів, добре відомі симптоми, притаманні кожній із фаз процесу отруєння. Проте ступінь вираженості їх у *L. atra*, *L. callomphala*, *L. turricula* і деякі зміни їх характеру у часі раніше не досліджувалися. Перебування ставковиків протягом 10-добової експозиції у водному середовищі, затруєному Cr (III) концентрацією 0,5 ГДК, ніяк не позначилося ні на особливостях поведінки цих тварин, ні на показниках значень низки найважливіших з їх фізіологічних відправлень, які на момент завершення цього дослідження залишилися на рівні встановлених для групи контролю.

За класифікацією фаз розвитку у гідробонтів симптомів патологічного процесу за дії токсиканта, яка була запропонована наприкінці 60-х років ХХ ст. [4] і є актуальною у гідроекології до сьогодні, найперша з його фаз означається як **фаза байдужості**. Це – латентна фаза, за котрої попри безперервне постійне надходження в організм гідробонтів якихось кількостей (швидше усього – слідових) токсиканта явних зрушень у проявах їх життєдіяльності відзначено не було протягом усієї тривалості експозиції. Довготривала латентна фаза – дуже характерна ознака, притаманна перкутанним токсикантам локальної дії, до яких якраз і належить Cr (III) [4, 13, 14].

Нами з'ясовано, що збільшення концентрації Cr (III) до рівня ГДК–2ГДК призвело до суттєвого зростання рівня різних проявів життєвої активності досліджуваних об'єктів. У них за згаданих вище обставин статистично вірогідно підвищуються ( $p \leq 0,05-0,001$ ) як ритм серцебиття, так і частота дихального ритму за рахунок зростання загальної кількості «вдихів», здійснюваних протягом доби, об'єму кожного з них, а також значення величини середньодобового раціону. Розвиток тахікардії, зростання показників легеневого дихання, інтенсифікація трофіки безперечно свідчать про активізацію основоположних фізіологічних процесів, здійснюючих енергозабезпечення життєздатності піддослідних тварин на значно вищому рівні, ніж у нормі. Так, зростання концентрації Cr (III) у середовищі від ГДК до 2 ГДК призвело до підвищення значення показника частоти серцебиття у *L. callomphala* і *L. turricula* в 1,2, а у *L. atra* – в 1,3 рази. Що ж стосується легеневого дихання цих молюсків, то показник кількості «вдихів» за згаданих вище умов найсуттєвіше зростає у *L. turricula*

– в 1,6 рази, тоді як в інших ставковиків він сягає значно нижчого рівня (1,11–1,13 рази). Проте останнє надійно компенсується зростанням значення іншого показника їх легеневого дихання – об'єму вдихів (він збільшується у *L. atra* в 1,24, у *L. turricula* – в 1,32, у *L. callomphala* – в 1,35 рази) ( $P > 99,9\%$ ). Посилення серцевої і легеневої діяльності відбувається в унісон із підвищенням значень такого трофологічного показника як величина середньодобового раціону (ВСР) – вирішального енергетичного джерела, що визначає значною мірою інтенсивність функціонування як циркуляторної, так і дихальної систем у піддослідних тварин. За вмісту Cr (III) у середовищі на рівні ГДК зростання значень ВСР у всіх піддослідних ставковиків (порівняно з контролем) здійснюється в 1,2, а за 2 ГДК – в 1,6–1,8 рази ( $p \leq 0,001$ ). Такого ж напрямку зрушення показника ВСР за 0,5 ГДК–2 ГДК його у середовищі відмічено і у інших близьких до досліджених нами видів ставковиків, а саме: у *L. corvus* (Gmelin, 1791), *L. gueretiniana* (Servain, 1881), *L. palustris* (O. F. Müller, 1774) [3]. Це – ознаки фази стимуляції, котра характеризується зростанням рівня фізіологічної активності молюсків у затруєному середовищі, тобто – захисно-приспосувальна, компенсаторна реакція, що дозволяє ставковикам за зрушення сприятливих умов середовища пристосуватися значною мірою до нових для них менш сприятливих умов, далеких від рівня повного екологічного благополуччя. До яскравих симптомів клінічної картини отруєння ставковиків іонами Cr (III) у середовищах із концентраціями ГДК і 2 ГДК належить і підвищення рівня їх рухової активності, котре за ГДК цього токсиканта спостерігається через 1–1,5 год, а за 2 ГДК – через 0,5–1 год з моменту початку експозиції. Воно являє собою яскраво виражений прояв швидкої захисно-приспосувальної поведінкової реакції цих тварин (реакція уникання), скерованої на залишення ними несприятливих умов середовища. Такі намагання полягають у спробах ставковиків вибратися поза межі затруєного середовища: по стінках акваріумів вони доповзають до їх верхніх країв, але, опинившись над урізом води, надалі доволі часто падають униз – на їх дно. Проте поки їм стає сил вони раз за разом повторюють подібні спроби, а знесилившись – довго нерухомо лежать на дні.

Водночас із посиленням м'язової активності у ставковиків спостерігається характерна для усіх прісноводних і морських Gastropoda швидка захисно-приспосувальна фізіологічна реакція – зростання ступеня ослизнення як покривів їх тіла, представлених одношаровим покривним епітелієм, так і респіраторного епітелію, який становить собою вистелення порожнини їх легень [4, 13, 14]. Слиз виконує подвійну функцію: він слугує як для зволоження внутрішнього вистелення легень (тобто респіраторного епітелію), так і для зволоження покривного епітелію внутрішньої поверхні пневмостомального сифону. На описуваній фазі процесу отруєння захисний шар слизу зазвичай потовщений, але не настільки, аби він міг стати перешкодою для здійснення тваринами аеробного дихання: воно у них не тільки не послаблюється, а навпаки, підсилюється (табл. 2).

Таблиця 2

## Вплив хрому (III) на деякі з фізіологічних показників ставковиків

Молюск	n, екз.	Серцебиття, уд./хв M±m	Легеневе дихання		*ВСП, % M±m
			Кількість «вдихів» протягом доби M±m	Об'єм «вдихів» M±m	
<b>Контроль</b>					
<i>L. atra</i>	20	42,2±1,2	18,8±1,3	22,1±1,2	5,1±0,4
<i>L. callomphala</i>	22	58,2±1,8	15,0±1,8	11,9±1,2	4,4±0,3
<i>L. turricula</i>	18	59,1±1,2	16,3±1,1	16,9±1,1	4,5±0,4
<b>0,5 ГДК</b>					
<i>L. atra</i>	23	43,2±1,1	18,2±1,2	21,0±1,1	5,2±0,5
<i>L. callomphala</i>	21	57,4±2,3	14,1±2,1	12,5±1,0	4,5±0,9
<i>L. turricula</i>	24	60,1±1,4	16,1±2,0	17,1±0,9	4,5±0,5
<b>ГДК</b>					
<i>L. atra</i>	24	54,2±2,0	21,0±2,1	29,1±1,2	6,3±0,6
<i>L. callomphala</i>	22	68,1±1,0	23,1±1,2	20,2±1,3	5,4±0,6
<i>L. turricula</i>	25	71,1±1,1	25,2±1,8	25,3±1,2	5,6±0,4
<b>2 ГДК</b>					
<i>L. atra</i>	23	69,9±3,2	23,4±1,1	36,2±1,3	8,2±0,5
<i>L. callomphala</i>	22	78,6±2,0	26,2±1,2	27,3±1,4	7,3±1,0
<i>L. turricula</i>	25	88,1±2,0	29,2±1,8	33,3±1,5	8,0±1,1
<b>3 ГДК</b>					
<i>L. atra</i>	27	41,1±2,3	14,1±1,0	10,2±1,3	6,0±0,4
<i>L. callomphala</i>	22	56,0±1,6	10,3±1,2	10,3±1,2	4,1±0,3
<i>L. turricula</i>	26	63,1±2,1	13,1±1,3	13,1±1,2	4,0±0,4

Примітка: \*ВСП – величина середньодобового раціону.

Останнє свідчить про достатньо високий рівень захисних можливостей шару слизу і, у першу чергу, – слизу саме шкірного (доступнішого для іонів Cr (III) через безпосереднє його стикання із водним середовищем), що ускладнює проникнення токсиканта в організм гідробіонтів. Принагідно зауважимо, що обидва способи дихання, притаманні цим молюскам (легеневе і шкірне), є життєдайно важливими для них. Адже у ставковиків потреби їх у кисні завдяки їх шкірному диханню забезпечуються на 60–70 %, а останні 30–40 % припадають на долю дихання легеневого [22]. Значення описуваної захисно-приспосувальної фізіологічної реакції для піддослідних тварин полягає у тому, що завдяки їй у них відбувається певного рівня затримання розвитку процесу отруєння.

За 2 ГДК іонів Cr (III) у середовищі від 3–5-ої доби з початку експозиції у частини ставковиків (*L. atra* – 8 %, *L. callomphala* – 11 %, *L. turricula* – 13 %)



зауважено симптоми, що засвідчують зростання обводнення тканин їх організмів. Це проявилось появою на шкірних покритвах їх голови і ноги невеличких за їх площами плямок зм'якшення і зблякнення покривних тканин – небезпечних симптомів, які свідчать про можливість розвитку у подальшому (у разі погіршення токсикологічної ситуації) у таких особин смертельно небезпечного для них симптому – розлитой пастозності.

Наступний етап отруєння – **фаза пригнічення**. Симптоми її спостерігались нами у ставковиків за дії на них розчинами Cr (III) концентрацією 3 ГДК. До моменту завершення цього експерименту серед піддослідних особин не залишилось таких, у яких не розвинулося би появи спочатку дрібнозернистої пастозності, подальшого перетворення її на пастозність крупнозернисту, а пізніше останньої – на розливу пастозність, яка охоплює майже повністю усю шкірну поверхню голови і ноги у цих тварин. Поряд із цим здійснюється поступове невідворотне набрякання тканин їх тіла через обводнювання останніх. З одного боку, це до певної межі корисний для них процес, оскільки у ході його через збагачення водою цитоплазми клітин їх організму відбувається «розбавлення» наявних у ній токсикантів, що супроводжується зниженням їх шкідливості для досліджуваних об'єктів. З іншого ж боку, накопичення води у тканинах тіла ставковиків супроводжується швидко зростаючим набряканням тканин їх голови і ноги. При цьому об'єм останніх кінець–кінцем зростає настільки, що не вміщується повністю у порожнині черепашки і у більшій або меншій мірі вивисає назовні за межі її устя. Цей симптом (реакція випадіння) у часі зазвичай співпадає із повним знерухомленням тварин. Виразні ознаки депресії наявні і у низці фізіологічних відправлень ставковиків. У них встановлено яскраво виражену брадикардію: ритм серцебиття за концентрації Cr (III) у воді на рівні 3 ГДК порівняно із таким за 2 ГДК зменшується у *L. callomphala* і *L. turricula* у 1,4, а у *L. atra* – у 1,7 рази ( $p \leq 0,001$ )

Зауважимо, однак, що результати порівняння цих даних із такими, отриманими для особин контрольної групи, дозволяють говорити лише про наявність тенденції до прояву у ставковиків подібного типу зрушень (до того ж лише у двох видів із трьох досліджених – у *L. atra* і *L. callomphala*). Такого ж напрямку зрушення відзначено також як щодо показників легеневого дихання, так і щодо таких ВСР.

За 3 ГДК токсиканта на другу-третю добу експерименту у всіх піддослідних молосків у потужному слизовому покритві їх шкіри і вистелення легеневої порожнини розпочинається коагулювання слизу з утворенням альбумінатів у формі численних різного розміру і конфігурації молочно-білих грудочок, а також різного діаметру і довжини тяжів. Ці альбумінатні утворення, сформувавшись остаточно, невдовзі по цьому випадають із значно стоншеного і розрідженого на той момент шару слизу, оголюючи при цьому чималі ділянки як шкіри, так і респіраторного епітелію легень. Епітеліальні клітини обох типів у подальшому підпадають швидкому набряканню, а дещо по тому – інтенсив-

ному зморщенню і нарешті – злуценню [21]. Внаслідок цього відбувається оголення і порушення цілісності підстилаючих епітеліальні покрити тканин, що нерідко призводить до розвитку кровотеч і утворення більш-менш значних крововиливів. Відомо [12], що на фоні суттєвого падіння рівня ефективності тих фізіологічних процесів, які зазвичай зумовлюють енергозабезпечення життєздатності молюсків за аеробного способу утилізації ними вуглеводів, у затруєному токсикантами середовищі вони переходять до анаеробного способу дихання – гліколізу. Це – захисно-приспосувальна біохімічна реакція молюсків, яка дозволяє їм вижити (протягом хоч якогось, хай і нетривалого періоду) скориставшись іншим і на той момент єдиним доступним для них, але значно енерговитратнішим способом отримання енергії. Адже енергетичний ефект процесів аноксидативного розщеплення вуглеводів у десятки разів нижчий ніж за процесів окислювальних. Проте високий ступінь некротичного розпаду респіраторного легеневого епітелію, як і епітелію шкірного, зумовлює неможливість оборотності отруєння у цих тварин.

У 17 % молюсків за 3 ГДК Сг (III) у середовищі їх перебування від 5–7-ої доби від початку дослідів стали з'являтися одна за одною ознаки характерні для **фази часткового відмирання популяції (сублетальної)**. Внаслідок прямої дії токсиканта на покриття голови і ноги ставковиків розлита пастозність поступово змінюється появою численних поодинокі розкиданих виразок шкірних покривів і їх скупчень, а також відторгнутими епітеліальними клітинами. Зростають також загальна чисельність і площі ділянок некротичного розпаду тканин, підстилаючих шкірний епітелій, як і кількість випадків виникнення кровотеч і крововиливів у них. Подібні зрушення зареєстровано також і щодо респіраторного легеневого епітелію і прилеглих до нього тканин. На цій фазі процесу отруєння у піддослідних особин значно різкіше вираженою виявилася гідремія і як наслідок останньої – прояв тих її ознак, якими характеризується реакція випадіння. Помітнішим став і ступінь послаблення тактильної чутливості молюсків. Реакцію-відповідь на укол м'язів ноги тонкою гострою голкою у вигляді слабкого їх скорочення можна було зареєструвати лише в одному випадку із кожних десяти таких спроб. Відзначено також поодинокі випадки одномоментного одноразового викидання екскрементів і значно частіше – абортів кладок яєць (різного ступеня їх сформованості). Ці процеси відбувалися у ставковиків у вкрай повільному темпі і йшли із значними утрудненнями для здійснюючих їх тварин, перебуваючих на той момент у стані майже повного пригнічення їх рухової активності. Функція живлення була повністю відсутня.

Завершується процес отруєння **летальною фазою**. Її симптоми – повне знечулення і знерухомлення особин. Смерть настає унаслідок асфіксії через зупинення серцебиття. За 3ГДК Сг (III) у середовищі на кінець експозиції всі *L. turricula* зберегли життєздатність, тоді як смертність *L. atra* і *L. callomphala* становила 7,6 і 9,1 % відповідно. У цих видів летальні випадки припали на різний час: у *L. atra* на восьму і десятю, а у *L. callomphala* – тільки на десятю добу



експерименту. Це свідчить про вищу чутливість першого з них до дії використаного у досліді токсиканта.

Отже, перебіг отруєння ставковиків являє собою послідовний 5-тифазний патологічний процес, який відбувається у межах концентрацій Cr (III) від 0,5ГДК до 4ГДК включно.

У відмерлих унаслідок отруєння іонами Cr (III) особин засвідчено тотальне ушкодження їх легеневого епітелію. Близько  $\frac{1}{4}$  загальної площі його було представлено хоча ще уцілілими, проте значно збільшеними внаслідок набрякання і деформування зморщеними клітинами. Весь останній епітелій легень виявився зруйнованим у зв'язку з некротичним його розпадом. Руйнація епітелію шкірних покривів супроводжувалася відторгненням частини уцілілих при цьому епідермальних клітин і зосередженням їх у шарі шкірного слизу.

### Висновки

1. Для *L. atra*, *L. callomphala*, *L. turricula* іони Cr (III) водного середовища є отруйними агентами високотоксичної дії.

2. У діапазоні концентрацій цього токсиканта 0,5ГДК–3–4ГДК у цих молюсків відбувається фазний патологічний процес – отруєння, який завершується летально.

3. Симптомокомплекс кожної з його фаз, представлений переліком і значенням ступеня вираженості виявлених у досліджених особин захисно-протосувальних і патологічних біохімічних, фізіологічних і етологічних реакцій, описано уперше для досліджених трьох видів ставковиків за дії означеного вище токсиканта.

4. Враховуючи досить високий рівень чутливості досліджених видів ставковиків до іонів Cr (III) водного середовища вважаємо доцільним рекомендувати їх індикаторними видами, придатними для практичного використання у гідроекомоніторингу стану поверхневих вод України.

Стаття надійшла до редакції 26.11.2020

### Список використаної літератури

1. Алексеев В. А. Основные принципы сравнительно-токсикологического эксперимента / В. А. Алексеев // Гидробиол. журн. – 1981. – Т. 17, № 3. – С. 92–100.
2. Афанасьев С. А. Методика оценки экологических рисков, возникающих при воздействии источников загрязнения на водные объекты / С. А. Афанасьев, М. Д. Гродзинский. – К.: Ай-Би. – 2004. – 62 с.
3. Василенко О. М. Екологія живлення ставковиків (Mollusca, Pulmonata, Lymnaeidae) Центрального Полісся / О. М. Василенко. – Автореф. дис. ... канд. біол. наук. – Чернівці, 2008. – 30 с.
4. Веселов Е. А. Основные фазы действия токсических веществ на организмы / Е. А. Веселов // Тез. докл. Всесоюз. науч. конф. по вопросам водной токсикологии. (30 января–2 февраля 1968 г.). – М.: Наука, 1968. – С. 15–16.

5. Гинецинская Т. А. Трематоды, их жизненные циклы, биология и эволюция / Т. А. Гинецинская. – Л.: Наука, 1968. – 412 с.
6. Гірій В.А., Колісник І.А., Косовець О.О., Кузнецова Т. О. Динаміка якості поверхневих вод України на початку ХХІ століття // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т. 4 (25). – С. 129–136.
7. Грубінко В. В. Енергетична роль амінокислот у адаптації до важких металів прісноводних риб і молюсків / В. В. Грубінко, Г. Є. Киричук, В. З. Курант // Наукові записки Тернопільського нац. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Сер. Біологія. Спец. вип.: Молюски: результати, проблеми і перспективи досліджень. – 2012. – № 2 (51). – С. 71–86.
8. Гусева Т. В. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды / Т. В. Гусева, Я. П. Молчанова, Э. А. Заика и др. – М.: Эколайн, 2000. – 127 с.
9. Киричук Г. Є. Фізіолого-біохімічні механізми адаптацій прісноводних молюсків до змін біотичних та абіотичних чинників водного середовища / Г. Є. Киричук. – Автореф. дис. ... докт. біол. наук. – К., 2011. – 45 с.
10. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М.: Высш. шк., 1990. – 351 с.
11. Линник П. Н. Тяжелые металлы в поверхностных водах Украины: содержание и формы миграции / П. Н. Линник // Гидробиол. журн. – 1999. – Т. 35, № 1. – С. 22–42.
12. Маляревская А. Я. Биохимические механизмы адаптации гидробионтов к токсическим веществам / А. Я. Маляревская // Гидробиол. журн. – 1985. – Т. 21, № 3. – С. 70–82.
13. Метелев В. В. Водная токсикология / В. В. Метелев, А. И. Канаев, Н. Г. Дзасохова. – М.: Колос, 1971. – 247 с.
14. Проблемы водной токсикологии / под редакцией Е. А. Веселова. – Петрозаводск: ПГУ, 1984. – 103 с.
15. Романенко В. Д. Основы гидроэкологии / В. Д. Романенко. – К.: Генеза, 2004. – 664 с.
16. Стадниченко А. П. Прудовиковые и чашечковые (Lymnaeidae, Acroloxidae) Украины / А. П. Стадниченко. – К.: Центр учебной литературы, 2004. – 327 с.
17. Стадниченко А. П. Влияние трематодной инвазии на некоторые особенности дыхания пресноводных легочных моллюсков / А. П. Стадниченко, Н. Н. Сластенко, А. М. Безгодов и др. // Деп. в УкрНИИТИ 28.03.90, № 582 – Ук 90. – 17 с.
18. Сушкина А. П. Питание и рост некоторых брюхоногих моллюсков / А. П. Сушкина // Тр. ВГБО. – 1949. – Т. 1. – С. 118–131.
19. Хлебович В. В. Акклимация животных организмов / В. В. Хлебович. – Л.: Наука, 1981. – 136 с.
20. Хочачка П. Биохимическая адаптация / П. Хочачка, Дж. Сомеро. – М.: Мир, 1988. – 568 с.
21. Janowicz L. M. Symptomy zatrucia *Planorbis corneus* (Mollusca, Gastropoda, Pulmonata) chrom (III)-sulfatem środowiska wodnego / L. M. Janowicz, A. P. Stadniczenko // Біологія та екологія. – 2018. – Т. 4, № 2. – С. 100–105.
22. Jones I. D. Aspects of respiration in *Planorbis corneus* L. and *Lymnaea stagnalis* L. (Gastropoda: Pulmonata) / I. D. Jones // Comp Biochem Physiol. – 1961. – Vol. 4. – P. 1–29. doi: 10.1016/0010-406x(61)90042-1.
23. Stadniczenko A. P. The effect of trematode invasion and chromium sulphate on the crude protein content in the haemolymph of *Viviparus viviparus* (Mollusca: Gastropoda: Pectinibranchia) / A. P. Stadniczenko, G. Ye. Kirichuk // Parazitologiya. – 2002. – Vol. 36, № 3. – P. 240–246.
24. Vyskushenko D. Heart-beat in the pond *Lymnaea stagnalis* under the effect of heavy metals and infection / D. Vyskushenko // XIX Krajowe seminarium malakologiczne. – Slupsk, 2003. – P. 53.

А. П. Стадниченко<sup>1</sup>, О. І. Уваєва<sup>3</sup>, Г. Є. Киричук<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Житомирський державний університет імені Івана Франка, вул.

В. Бердичівська, 40, м. Житомир, 10008, Україна;

<sup>1</sup>кафедра зоології, біологічного моніторингу та охорони природи,

<sup>2</sup>кафедра ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття,

<sup>3</sup>Державний університет «Житомирська політехніка», кафедра екології,

вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, 10005, Україна, e-mail: bio-2016@ukr.net

## СИМПТОМАТИКА ОТРУЄННЯ СТАВКОВИКІВ (MOLLUSCA, GASTROPODA, LYMNAEIDAE) ХРОМ СУЛЬФАТОМ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

### Резюме

**Проблема.** Іони Сг (III) – небезпечний для гідробіонтів гідромережі басейну Дніпра токсикант, роль якого для низки видів ставковиків на сьогодні виявилася недослідженою.

**Мета.** Через це метою роботи було з'ясування діапазону концентрацій Сг (III) водного середовища, що викликають розвиток у цих тварин кожної з послідовних фаз патологічного процесу – отруєння їх означеним вище токсикантом, а також виявлення симптомокомплексів як патологічного, так і захисно-приспосувального характеру, притаманного кожній із них.

**Методика.** Дослідження здійснено у 2018 р. у лабораторії зоології безхребетних ЖДУ ім. І. Франка на 344 екз. ставковиків *Lymanea atra*, *L. callomphala* і *L. turricula*. Токсикологічний експеримент поставлено за методикою В. А. Алексєєва, інтенсивність серцевого ритму визначено за Д. А. Вискушенком, легеневого дихання – за В. І. Жадіним, величини середньодобового раціону – за А. П. Сушкіною, ураженість моллюсків паразитами (Trematoda) і морфологічне обстеження їх органів – за Т. А. Гінецинською.

**Основні результати.** Іони Сг (III) – водорозчинна ендогенна отрута високотоксичної дії, що локально впливає на респіраторний епітелій легень ставковиків і на їх покривний шкірний епітелій. Пригнічення, а пізніше – унеможливлення аеробного дихання веде до загибелі їх від асфіксії. Перебіг процесу отруєння – п'ятифазний. За 0,5 ГДК Сг (III) усі життєві функції ставковиків здійснюється на рівні норми (фаза байдужості), тоді як концентрації його у межах ГДК–2 ГДК викликають піднесення значень ритму їх серцебиття, інтенсивності легеневого дихання, процесів живлення і травлення, рухової (м'язової) активності (фаза стимуляції). За 3 ГДК Сг (III) симптомокомплекс фази пригнічення представлений брадикардією, різким послабленням дихальної і трофічної функцій, м'язової активності, натомість зростанням ступенів гідремії, пастозності, некрозу респіраторного епітелію і підстилаючих його тканин, виникненням кровотеч і крововиливів (депресивна, сублетальна і летальна фази).

**Висновки.** Досліджені види ставковиків є високочутливими до дії на них іонів Сг (III) і можуть бути рекомендовані для використання їх як тест-об'єктів у системі гідроекологічного моніторингу стану поверхневих вод України.

**Ключові слова:** Сг (III); ставковики; фазність отруєння; симптоматика.

**A. P. Stadnychenko<sup>1</sup>, O. I. Uvaieva<sup>3</sup>, G. Ye. Kyrychuk<sup>2</sup>**

Zhytomyr Ivan Franko State University, 40 Velyka Berdychivska Str., Zhytomyr, Ukraine, 10008

<sup>1</sup>Department of Zoology, Biological Monitoring and Nature Conservation,

<sup>2</sup> Department of Botany, Biological Resources and Conservation of Biological Diversity

<sup>3</sup>Zhytomyr Polytechnic State University, Department of Ecology, 103 Chudnivska Str., Zhytomyr, Ukraine, 10005, e-mail: [bio-2016@ukr.net](mailto:bio-2016@ukr.net)

### **SYMPTOMS OF POISONING LYMNAEA (MOLLUSCA, GASTROPODA, LYMNAEIDAE) WITH WATER MEDIUM CHROME SULFATE**

#### **Abstract**

**Problem.** Cr (III) ions are dangerously toxic for the hydrobionts of water system of the Dnieper River basin. The ions have not been previously studied in relation to their effect on a number of pond snail species.

**Aim.** Hence, the aim of this work is to determine the range of concentrations of Cr (III) in aquatic environment that cause each of the subsequent phases of pathological process in pond snails: poisoning by the aforementioned toxicant, and presence of the complexes of symptoms of the pathological or adaptive nature that are typical for each phase.

**Methods.** The study was conducted in 2018 in the laboratory of zoology of invertebrates of Zhytomyr Ivan Franko State University on 344 individuals of pond snails of the species *Lymnaea atra*, *L. callomphala* and *L. turricula*. The toxicological experiment was performed according to the technique of V. A. Alekseyev, the rate of heartbeat by D. A. Vyskushenko, the rate of branchial respiration by V. I. Zhadin, the mean daily food intake by A. P. Sushkina, the trematode (Trematoda) infection rates and morphological examination by T. A. Ginetsinskaya.

**Main results.** Cr (III) ions are water-soluble endogenic, highly poisonous toxicant, which locally affects the respiratory branchial epithelium and skin epithelium of pond snails. The depression, and later the termination of aerobic respiration lead to their death from asphyxia. The course of poisoning is five-phase. At 0.5 MPC Cr (III) all vital functions of pond snails are carried out at the normal level (indifference phase). At concentrations of 1-2 MPC, Cr (III) ions cause an increase in their heart rate, intensity of branchial respiration, nutrition and digestion, locomotion (muscle) activity (stimulation phase). At 3 MPC of Cr (III) ions, the depression phase of intoxication develops, with the complex of symptoms including bradycardia, a sharp weakening of respiratory and trophic functions and muscle activity, with increasing degrees of hydremia, pastosity, necrosis of the respiratory epithelium and underlying tissues, and the occurrence of bleeding and hemorrhage (depressive, sublethal and lethal phases).

**Conclusions.** The studied species of pond snails are highly sensitive to the action of Cr (III) ions and can be suggested for use as test objects in the system of hydroecological monitoring of terrestrial waters of Ukraine.

**Key words:** Cr (III), pond snails, phases of intoxication, symptoms.

## References

1. Alekseev V. A. (1981) Fundamental principles of comparative toxicological experiments [in Russian], *Gidrobiol Zh.*, V. 17, № 3, pp. 92–100.
2. Afanasyev S. A., Grodzinsky M. D. (2004) Guidance of determination of ecological risks arisen from sources of pollution of water objects [in Russian], Kyiv: IB, 62 p.
3. Vasylenko O. M. (2008) Feeding ecology of common pond snails (Mollusca, Pulmonata, Lymnaeidae) of the Central Polissia [in Ukrainian], Abstract of thesis for a Candidate Degree in Biology. Chernivtsi, 30 p.
4. Veselov E. A. (1968) Principal phases of action by toxic substances on organisms [in Russian], *Tez. Dokl. Vsesoyuz. Nauch. Konf. Po voprosam vodn. Toksikologii* (January 30 – February 2 1968). Moscow: Nauka, pp. 15–16.
5. Ginetsinskaya T. A. (1968) Trematodes, their lifecycles, biology and evolution [in Russian]. Leningrad: Nauka, 412 p.
6. Giryi V. A., Kolisnyk I. A., Kosovets O. O., Kuznetsova T. O. (2011) A dynamics over of quality of surface-water of Ukraine at the beginning of XXI century [in Ukrainian]. *Hydrobiology, hydrochemistry and hydroecology*, V. 4 (25), P. 129–136.
7. Grubinko V. V., Kyrychuk G. Ye., Kurant V. Z. (2012) The role of amino acids in adaptation to heavy metals at freshwater fishes and mollusc [in Ukrainian], *Nauk. Zap. Ternop. Nats. ped. un-tu Ser. Biol.* № 2 (51), pp. 71–86.
8. Guseva T. V., Molchanova Ya. P., Zaika E. A., Vinichenko V. N., Averochkin E. M. (2000) Hydrochemical indicators of the environment state [in Russian], Moscow: Ekoline, 127 p.
9. Kirichuk G. Ye. (2011) Physiological-biochemical mechanisms of adaptation of freshwater molluscs to changes in biotic and abiotic factors of water environment [in Ukrainian], Abstract of thesis for a Doctor Degree in Biology, Kyiv, 45 p.
10. Lakin G. F. (1990) Biometry [in Russian], Moscow: Vysha. shk., 351 p.
11. Linnik P. N. (1999) Heavy metals in terrestrial waters of Ukraine: content and forms of migration [in Russian], *Gidrobiol Zh.*, V. 35, № 1. pp. 22–42.
12. Maliarevskaya A. Ya. (1985) Biochemical mechanisms of adaptation of hydrobionts to toxic substances [in Russian], *Gidrobiol Zh.*, V. 21, № 3. pp. 70–82.
13. Metelev V. V., Kanayev A. I., Dzasokhova N. G. (1971) Aquatic toxicology [in Russian], Moscow: Kolos, 247 p.
14. Problems of aquatic toxicology (1984) / Ed. E.A. Veselov [in Russian], Petrozavodsk: PGU, 103 p.
15. Romanenko V. D. (2004) Fundamentals of hydroecology [in Russian], Kiev: Geneza, 664 p.
16. Stadnychenko A. P. (2004) Lymnaeidae and Acroloxidae of Ukraine [in Russian], Kiev: Center of educational literature, 327 p.
17. Stadnychenko A. P., Slastenko N. N., Bezhodov A. M. et. al (1990) The influence of trematod invasion on some features of breathing of freshwater pulmonary mollusks [in Russian], *Dep. in UkrNIINTI* 28.03.90, № 582, Uk 90, 17 p.
18. Sushkina A. P. (1949) Feeding and grows of some gastropod mollusks [in Russian], *Tr. VGBO*, V. 1, pp. 118–131.
19. Hlebovich V. V. (1981) Acclimation of animal organisms [in Russian], Leningrad: Nauka, 136 p.
20. Hochachka P., Somero G. (1988) Biochemical adaptation [in Russian], Moscow: Mir, 568 p.
21. Janowicz L. M., Stadniczenko A. P. (2018) Symptomy zatrucia *Planorbarius corneus* (Mollusca, Gastropoda, Pulmonata) chrom (III)-sulfatem środowiska wodnego. *Biology and ecology*, Vol. 4. № 2, pp. 100–105.
22. Jones I. D. (1961) Aspects of respiration in *Planorbis corneus* L. and *Lymnaea stagnalis* L. (Gastropoda: Pulmonata), *Comp Biochem Physiol.*, Vol. 4. pp. 1–29. doi: 10.1016/0010-406x(61)90042-1.
23. Stadnichenko A. P., Kirichuk G. Ye. (2002) The effect of trematode invasion and chromium sulphate on the crude protein content in the haemolymph of *Viviparus viviparus* (Mollusca: Gastropoda: Pectinibranchia). *Parazitologiya*, Vol. 36, № 3. pp. 240–246.
24. Vyskushenko D. (2003) Heart-beat in the pond *Lymnaea stagnalis* under the effect of heavy metals and infection. XIX Krajowe seminarium malakologiczne, Slupsk, p. 53.