

ЗООЛОГІЯ

УДК 594.38:591.5

ВПЛИВ РІЗНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ КУПРУМ СУЛЬФАТУ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА І ТРЕМАТОДНОЇ ІНВАЗІЇ НА СЕРЦЕБИТТЯ СТАВКОВИКА ОЗЕРНОГО (MOLLUSCA, GASTROPODA, LYMNAEIDAE)

А. Стадниченко

*Житомирський державний університет імені Івана Франка
вул. Велика Бердичівська, 40, Житомир 10008, Україна
e-mail: stadnychenko@yandex.ru*

Досліджено вплив різних концентрацій (0,3; 1; 1,7 мг/дм³) купрум сульфату і трематоди *Echinoparyphium aconiatum* на серцебиття *Lympnaea stagnalis*. Доведено, що за 0,3 мг/дм³ токсиканта у водному середовищі частота серцебиття у незаражених особин зростає, натомість за 1 і 1,7 мг/дм³ – різко сповільнюється. Слабка трематодна інвазія на роботі серця не позначається, тоді як тяжка інвазія призводить до виникнення значних зрушень у серцевій діяльності цих тварин.

Ключові слова: *Lympnaea stagnalis*, серцебиття, купрум сульфат, трематодна інвазія.

Одним із небажаних наслідків збільшення антропогенного навантаження на довкілля є посилення забруднення гідромережі іонами важких металів, у тому числі й такими високотоксичними для гідробіонтів як іони купруму. Відомо, що гідробіонти, у тому числі й молюски (*Bivalvia*, *Gastropoda*), здатні до накопичення їх у кількостях, які в тисячі разів перевищують вміст цих елементів у воді [7]. У чистих природних водоймах вміст іонів купруму становить 20–30 мкг/дм³ [4]. Згідно з діючими наразі нормами охорони поверхневих вод України від забруднення іонами купруму прийнято такі значення його ГДК (г/м³): 0,1 – для водойм господарсько-питного водопостачання і 0,005 – для водойм рибогосподарського призначення [9].

Загальновідомо, що у мікродозах мідь – життєво необхідний для молюсків елемент, який входить до складу центрів окисно-відновних ферментів, котрі забезпечують синтез біологічно активних речовин, необхідних для підтримання життєздатності цих тварин. Ті ж концентрації її у воді, які перевищують значення ГДК, викликають отруєння молюсків. Це – стадійний патологічний процес, котрий в особливо важких випадках завершується загибеллю тварин.

Оскільки кожен із симптомів отруєння відповідає зазвичай конкретним стадіям патологічного процесу, а кожна з останніх проявляється за певної концентрації іонів міді у середовищі, молюски можуть бути використані як види-біоіндикатори у системі біологічного моніторингу за ступенем забруднення природних вод іонами міді за умови, якщо вони відповідають загальним вимогам, котрі ставлять до модельних видів [13].

Метою нашого дослідження було засвідчити, чи може задля встановлення ступеня забруднення природних вод іонами міді використовуватись як вид-біоіндикатор ставковик озерний *Lympnaea stagnalis* (Linnaeus, 1758), а як тест-функція – частота його серцевих скорочень.

Матеріали та методи

Матеріалами слугували 375 екз. *L. stagnalis* (висота черепашки 35,9–51,3 мм), зібраних у стоячому водоймищі (басейн р. Тетерів) поблизу Соколівки (околиця Житомира) у вересні-жовтні 2013 р.

У лабораторії тварин було піддано 15-добовій аклімації. Їх утримували при цьому у скляних ємностях (3 л) за щільності посадки 3 екз./л. Умови аклімації: температура води – 18–20°C, рН – 7,2–7,5, оксигенізація – 8,5–8,9 мг O₂/дм³. Через кожні 2 доби воду замінювали на свіжу. Тварин годували тонькими (1–1,5 мм) скибочками моркви, а також шматочками (2×2 см) білоголовокової капусти і салату-латука, мацерованими у воді (5–6 діб).

Двохетапний токсикологічний експеримент поставлено за методикою В.А. Алексєєва [1]. Як токсикант використано купрум сульфат із маркуванням ч.д.а.

Спочатку орієнтовним дослідом було з'ясовано значення для *L. stagnalis* основних токсикологічних показників, мг/дм³: LC₀=0,1; LC₅₀=5,7; LC₁₀₀=10. Потім у межах LC₀ – LC₅₀ було підбрано три концентрації купрум сульфату для проведення основного токсикологічного експерименту – 0,3; 1; 1,7 мг/дм³. Кожен із дослідів супроводжувався контролем.

Перед початком кожного експерименту і по його завершенні у *L. stagnalis* визначали частоту серцебиття за 1 хв. Для цього в ділянці черепашки, яка лежить над серцем, обережно (аби не ушкодити мантию) вирізали невеличке (1–1,5×1,5–2 см) віконце, через яке триразово візуально знімали результати і виводили з них середнє значення для досліджуваної особини. По завершенні дослідів на основі отриманих даних обчислювали серцевий коефіцієнт [3]. Це – відсоткове відношення ритму роботи серця у особин, які перебувають в отруєному середовищі, до його ритму у моллюсків контрольної групи.

Наостанок здійснювали паразитологічне обстеження тварин. Воно полягало у мікроскопіюванні (МБР; 7×8 і 7×40) тимчасових гістопрепаратів, виготовлених із тих органів, у яких найчастіше локалізуються партеніти (спороцисти і редії) та розповсюджувальні личинки (церкарії) трематод. Визначення видової приналежності їх здійснено за В.І. Здуном [7].

Результати токсикологічних дослідів опрацьовано методами базової варіаційної статистики [5].

Результати і їхнє обговорення

Кровоносна система у *L. stagnalis*, як і у інших червононогих моллюсків (Gastropoda), незамкнена і представлена серцем, судинами, лакунами та синусами. Через наявність у процесі їхнього ембріогенезу хіаSTONEВРІІ, котра супроводжується атрофією правого передсердя, серце цих моллюсків двокамерне. Воно представлене мускулястим шлуночком і в 2,5–3 рази більшим за нього дуже тонкостінним передсердям, між якими міститься складчастий клапан. Циркуляція гемолімфи по судинах забезпечується пульсацією серцевого м'яза, а по лакунах і синусах – скороченням соматичних м'язів.

Частота серцебиття у моллюсків – показник досить пластичний. Він підпадає віковій, сезонній, екологічній мінливості, залежачи від кліматичних і погодних умов, а також від наявності у них паразитів і систематичної приналежності останніх, локалізації їх в організмі хазяїна і від інтенсивності інвазії [11–13]. Саме тому для таких показників рекомендується [9] прийняття таких критеріїв надійності зрушень: CV – до 50%, ступінь вірогідності різниці – 95%, що і було враховано нами в даному дослідженні.

В обраному для збору матеріалу біотопі у *L. stagnalis* виявлено три види трематод. Нами проаналізовано лише ті випадки, котрі стосувалися зараження моллюсків однією з них – *Echinoparyphium aconiatum* Dietz, марити якої є звичайними паразитами кишківника водяних і навколоводяних птахів – як диких, так і свійських. У всіх випадках паразити були представлені дочірніми редіями (1190–2120 мкм) з різного ступеня зрілості церкаріями (до 795 мкм), локалізованими виключно в гепатопанкреасі хазяїв.

З'ясовано (табл. 1), що в контрольній групі тварин різниці за досліджуванним показником між незараженими і зараженими *E. aconiatum* особинами не спостерігається. Це

пов'язано, гадаємо, з тим, що у групі інвазованих тварин переважали моллюски зі слабкою інтенсивністю інвазії (табл. 2), за якої у гепатопанкреасі хазяїв налічувалося тільки від 1 до 5 невеличких (1–3×2–5 мм) вогнищ паразитарного ураження; дуже нечисленними були випадки помірної інвазії (ураження до 50% об'єму гепатопанкреаса), а генералізовану (тогальну) інвазію виявлено тільки в одній особині.

За 0,3 мг/дм³ купрум сульфату в середовищі спостерігали прискорення серцебиття у всіх піддослідних тварин: у вільних від інвазії – в 1,15, у заражених – в 1,31 разу (P>99,9%). Це свідчить про суттєве піднесення рівня загального обміну речовин у *L. stagnalis* у відповідь на вплив на них стресуючого чинника – токсиканта. Це – звичайна для моллюсків захисно-приспосувальна реакція [2, 8], яка вказує на розвиток у особин, котрі перебувають у затруєному середовищі, початкового етапу стадійного патологічного процесу (отруєння), а саме стадії стимуляції. Зростання рівня загального метаболізму дає тваринам змогу досить успішно протистояти несприятливій для них дії токсичного чинника: всі піддослідні тварини до завершення експерименту залишилися життєздатними. Наголосимо на тому, що інвазовані трематодами *L. stagnalis* мали протидіяти негативному впливові не лише токсичного середовища, але й паразитарного чинника. Саме через це, припускаємо, тахікардія (табл. 1, 2) і серцевий коефіцієнт (табл. 3) у них яскравіше виражені порівняно з вільними від інвазії особинами.

Купрум сульфат водного середовища в концентрації 1 мг/дм³ призвів до розвитку у піддослідних *L. stagnalis* наступної стадії процесу отруєння – депресивної. Вона відзначалася появою у них стійкої брадикардії: частота серцебиття у незаражених особин порівняно з попереднім дослідом у незаражених особин знизилася у 2,2, а у заражених – у 2,5 разу (P>99,9%). Отже, трематодна інвазія хоч і досить слабка, але у токсичному середовищі вказаного вище рівня є, як виявилось, обтяжуючим чинником. Однак всі без винятку піддослідні тварини на момент завершення цього експерименту зберегли життєздатність. Очевидно, тут у них «спрацював» інший захисно-приспосувальний біохімічний механізм, а саме: перехід тварин від аеробного шляху розщеплення вуглеводів до шляху анаеробного – гліколізу, що є характерним для всіх моллюсків за перебування їх у токсичному середовищі [8].

Таблиця 1

Вплив різних концентрацій купрум сульфату й інвазії трематоною *E. aconiatum* на частоту серцебиття (уд./хв) *L. stagnalis*

Інвазія	n	min-max	M±m	CV
Контроль				
Немає	51	12–29	16,91±0,13	21,03
Є	28	9–29	16,15±0,45	23,12
0,3 мг/дм ³				
Немає	77	11–34	19,41±0,61	20,25
Є	21	9–30	21,22±0,41	21,14
1 мг/дм ³				
Немає	69	5–18	8,89±0,15	36,17
Є	42	4–16	8,63±0,19	32,33
1,7 мг/дм ³				
Немає	49	2–4	3,09±0,06	37,22
Є	21	3–5	2,69±0,23	35,13

Таблиця 2

Співвідношення (%) слабкої, помірної та генералізованої інвазії у *L. stagnalis*, заражених трематодою *E. aconiatum* у токсичному експерименті

Токсикант мг/дм ³	Інвазія		
	слабка	помірна	генералізована
0	94,22	3,81	1,27
0,3	91,84	6,12	2,04
1	92,80	7,20	0
1,7	90,46	8,11	1,43

Таблиця 3

Вплив різних концентрацій купрум сульфату й інвазії трематодою *E. aconiatum* на серцевий коефіцієнт *L. stagnalis*

Інвазія	Токсикант, мг/дм ³	Серцевий коефіцієнт, %
Немає	0,3	114,9
Є		131,4
Немає	1	52,6
Є		53,4
Немає	1,7	18,3
Є		18,7

За 1,7 мг/дм³ купрум сульфату у водному середовищі перебування в ньому *L. stagnalis* протягом 36 год у переважній більшості особин супроводжується різким погіршенням їхнього фізичного стану. Про це свідчить розвиток у них глибокої брадикардії: частота серцебиття у незаражених особин сповільнюється порівняно з попереднім дослідом у 2,9, а в інвазованих – у 3,2 разу ($P > 99,9\%$). Протягом вказаного вище часу у моллюсків відбувається стрімкий перебіг двох завершальних стадій патологічного процесу – сублетальної й летальної. Смертність незаражених особин на 36-ту годину експозиції досягла 79, а заражених – 90%. На кінець дослідів вона становила 100%.

За 0,3 мг/дм³ купрум сульфату у водному середовищі в *L. stagnalis* спостерігаємо початкову стадію процесу отруєння – стимуляцію. Ушкоджуючу дію на них токсиканта моллюски компенсують збільшенням рівня загального обміну речовин, проявом чого є розвиток у них тахікардії.

Вплив на *L. stagnalis* купрум сульфату в концентрації 1 мг/дм³ у середовищі їх перебування спричиняється до розвитку в нього наступної стадії патологічного процесу – депресії, однією з характерних ознак якої є брадикардія.

Перебування *L. stagnalis* у середовищі, котре містить 1,7 мг/дм³ купрум сульфату, веде до прогресуючого поглиблення у нього брадикардії аж до повного припинення серцебиття. Це відбувається протягом стрімкого перебігу одна за одною двох завершальних стадій процесу отруєння – сублетальної і летальної.

Патологічні зрушення частоти серцебиття у цих тварин зростають як зі збільшенням концентрації токсиканта у водному середовищі, так і зі зростанням інтенсивності інвазованості їх трематодами.

Отже, *L. stagnalis* може бути використаний як вид-біоіндикатор для встановлення рівня забруднення природних водойм іонами міді у межах 0,3–1,7 мг/дм³ у разі застосування як тест-функції частоти серцевих скорочень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Алексеев В. А.* Основные принципы сравнительно-токсикологического эксперимента // Гидробиол. журнал. 1971. Т. 17. №3. С. 92–100.
2. *Биргер Т. И.* Метаболизм водных беспозвоночных в токсической среде. К.: Наук. думка, 1979. 190 с.
3. *Брагинский Л. П., Буртная И. Л., Щербань Э. П.* Некоторые особенности поведения водных беспозвоночных в токсической среде и их значение для этологии // Поведение водных беспозвоночных. Борок: ИБВВ, 1972. С. 14–21.
4. *Гусева Т. В., Молчанова Я. П., Заша Э. А.* и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. М.: Эколайн, 2000. 127 с.
5. *Деркач М. П.* Елементи статистичної обробки результатів біологічного експерименту. Львів: Вид-во ЛДУ, 1963. 67 с.
6. *Здун В. І.* Личинки трематод в прісноводних моллюсках України. К.: Вид-во АН УРСР, 1961. 141 с.
7. *Комаровский Ф. Я., Полищук Л. Р.* Ртуть и другие тяжелые металлы в водной среде: миграции, накопление, токсичность для гидробионтов (обзор) // Гидробиол. журнал. 1981. Т. 17. Вып. 5. С. 70–82.
8. *Маляревская А. Я.* Биохимические механизмы адаптации гидробионтов к токсическим веществам // Гидробиол. журнал. 1985. Т. 21. Вып. 3. С. 70–82.
9. Постанова Кабінету Міністрів України від 25 березня 1999 р. №465 (зі змінами, внесеними згідно з Постановою КМ №748 (748 – 2013 – п) від 7 серпня 2013 р.). К.: КМ, 2013. 29.11.13.
10. *Стадниченко А. П.* Прудовиковые и чашечковые (Lymnaeidae, Acroloxidae) Украины. К.: Центр учеб. л-ры, 2004. 327 с.
11. *Шефтель В. О., Сова Р. Е.* Критерий надежности как функция биологической значимости и варибельности признака // Применение математических методов оценки и прогнозирования реальной опасности накопления пестицидов во внешней среде и организме. К.: АСХН УРСР, 1976. С. 37–39.
12. *Baker F. C.* The Lymnaeidae of North and Middle America, recent and fossil. Chicago: Academ. Sci. Spec. publ., 1911. 539 p.
13. Mussel watch program // Memorandum NOS NCCOS 74, 2008. 105 p.
14. *Piechocki A.* Mięczaki (Mollusca). Poznań: Polska Akad. Nauk, 1979. 187 s.

Стаття: надійшла до редакції 13.10.14

доопрацьована 27.02.15

прийнята до друку 13.03.15

THE INFLUENCE OF VARIOUS CONCENTRATIONS OF COPPER SULFATE IN WATER ENVIRONMENT AND TREMATODA INVASION ON HEART BEATING IN *LYMNAEA STAGNALIS* (MOLLUSCA, GASTROPODA, LYMNAEIDAE)

A. Stadnychenko

*Ivan Franko State University of Zhytomyr
40, Velyka Berdychivska St., Zhytomyr 10008, Ukraine
e-mail: stadnychenko@yandex.ru*

The influence of copper sulfate in different concentrations (0.3; 1; 1.7 mg/dm³) and *Echinoparypium aconiatum* trematode on *Lymnaea stagnalis* heart beating is researched. In 0.3 mg/dm³ toxicant concentration in water environment the heart rate in uninvaded specimens increases while in 1.7 mg/dm³ – abruptly slows down. Slight trematode invasion doesn't influence the heart work, but heavy invasion causes significant heart abnormalities in these animals.

Keywords: Lymnaea stagnalis, heart beating, copper sulfate, trematode invasion.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ КУПРУМ СУЛЬФАТА ВОДНОЙ СРЕДЫ И ТРЕМАТОДНОЙ ИНВАЗИИ НА СЕРДЦЕБИЕНИЕ ПРУДОВИКА ОЗЕРНОГО (MOLLUSCA, GASTROPODA, LYMNAEIDAE)

А. Стадниченко

*Житомирский государственный университет имени Ивана Франко
ул. Большая Бердичевская, 40, Житомир 10008, Украина
e-mail: stadnychenko@yandex.ru*

Исследовано влияние различных концентраций (0,3, 1, 1,7 мг/дм³) купрум сульфата и трематоды *Echinoparypium aconiatum* на сердцебиение *Lymnaea stagnalis*. Показано, что при 0,3 мг/дм³ токсиканта в водной среде частота сердцебиения у незараженных особей возрастает, в то время как при 1 и 1,7 мг/дм³ – резко замедляется. Слабая трематодная инвазия на работе сердца не сказывается, в то время как тяжелая инвазия приводит к появлению значительных нарушений в сердечной деятельности этих животных.

Ключевые слова: Lymnaea stagnalis, сердцебиение, купрум сульфат, трематодная инвазия.