

ЕКОЛОГІЯ

УДК 574.64:594.38

Т.В.Пінкіна

Державний агроекологічний університет
Старий бульвар, 7, Житомир, 10008

ПОВЕДІНКОВІ, МОРФОЛОГІЧНІ ТА ФІЗІОЛОГІЧНІ РЕАКЦІЇ СТАВКОВИКА ОЗЕРНОГО (MOLLUSCA, GASTROPODA, PULMONATA, LYMNAEIDAE) ЗА ВПЛИВУ НА НЬОГО ЙОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

йони важких металів, ставковик озерний, інтоксикація, поведінкові реакції, фізіологічні реакції

Основною особливістю сучасного етапу розвитку біосфери є поступальне наростання ролі антропогенного фактору у формуванні міграції хімічних елементів. Складаючи мізерну частку біомаси планети, людство своєю діяльністю різко змінює спектр елементів та їх кількість у природі [6, 14, 20]. Гідросфера, включаючи прісні води, та її мешканці є найуразливішими та дефіцитними компонентами природного середовища, а тому потребують першочергового захисту та відновлення до нормального стану [13]. Особливо гостро стоять ці проблеми у європейських країнах, у тому числі в Україні [15, 16]. Антропогенний тиск на водні екосистеми призводить до значного їх забруднення токсикантами різної хімічної природи. Особливе місце у цих процесах займають важкі метали [9, 10],

зокрема, Cu, Zn, Co, Mn, Ni, Cd. Більшість з них входить до виділеного Агенцією з охорони навколишнього середовища США, переліку пріоритетних металів при організації моніторингу та оцінці їхнього шкідливого впливу на водні екосистеми. Гідробіонти реагують на забруднення середовища різноманітними функціональними зрушеннями, які виразно прослідковуються при подовженні тривалості впливу токсичної речовини на організм. Останнім часом тільки гострі короткотривалі дослідження не можуть задовольнити дослідників, тому що токсиканти (зокрема, йони важких металів) здатні накопичуватися в організмах гідробіонтів, спричинюючи в них суттєві зрушення. Тому, з точки зору довготривалої перспективи, дослідження впливу токсичних речовин на гідробіонтів, вимагають постановки хронічних експериментів, у яких, незалежно від загального напрямку досліджень, насамперед слід звертати увагу на фізіологічні та поведінкові характеристики гідробіонтів [8, 19]. Порівняльне вивчення різних функціональних систем організму дозволяє визначити найбільш слабе місце у комплексі порушень і дає можливість обґрунтовано говорити про токсичний ефект і порогову концентрацію полютанта. Проте, ступінь чутливості різних функціональних систем гідробіонтів до дії токсикантів неоднакова. Тому в орієнтовних дослідженнях, які завжди передують основному токсикологічному експерименту, насамперед варто спостерігати за поведінковими реакціями тварин, оскільки етологічні зміни – це найперші ознаки порушення процесів життєдіяльності у гідробіонтів, підданих дії токсикантів [3]. Своєю поведінкою, задовго до моменту незворотних патологічних змін (морфологічних, функціональних) та загибелі, організми реагують на будь-який зовнішній вплив, у тому числі і токсичний [2]. Поведінкові реакції є надто динамічними і від них у великій мірі залежить резистентність тварин до різних токсичних впливів [11]. Саме виявленню особливостей поведінкових, морфологічних та функціональних реакцій

прісноводного червоного молюска ставковика озерного на різні рівні інтоксикації його йонами важких металів і присвячена дана робота.

Матеріал і методика досліджень

Як об'єкт дослідження обрано ставковика озерного – *Lymnaea stagnalis* (Linné, 1758) – одного з найзвичайніших представників прісноводної малакофауни України. У дослідах використано 1136 особин однорозмірних ставковиків (середня висота черепашки – $39,7 \pm 2,2$ мм), зібраних у ріпалі р. Тетерів (правий доплив Середнього Дніпра) в околицях Житомира (Центральне Полісся) у період з 2000 по 2004 рр. Токсикологічні досліді виконано за методикою В. А. Алексєєва [1]. Як токсиканти використано йони важких металів – Cu^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} , Cd^{2+} . Усі застосовані у досліді розчини готували на дехлорованій відстоюванням (протягом доби) воді з житомирської водогінної мережі.

Умови експерименту: температура води – $19-23^{\circ}\text{C}$, рН – 7,2-8,6, вміст кисню – 8,6-8,9 мг/дм³, вільної вуглекислоти – 0,33 мг/дм³, фтору – 0,1 мг/дм³, хлоридів – 22,275 мг/дм³, каламутність – 0,7 мг/дм³, твердість – 2,9 мг-екв./дм³. Фоновий вміст досліджуваних металів у воді контрольних водойм становить: міді – 0,002 мг/дм³, цинку – 0,003 мг/дм³, кобальту – 0,0006 мг/дм³, марганцю – 0,16 мг/дм³, нікелю – 0,002 мг/дм³, кадмію – менше 0,0001 мг/дм³. Концентрацію йонів металів створювали додаванням у воду (розрахованих за катіоном) кількостей $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, ZnCl_2 , $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, NiCl_2 , $\text{CdCl}_2 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$.

Тривалість досліді – 70 діб. З метою усунення впливу екзометаболітів на молюсків та підтримання на постійному рівні певної концентрації токсикантів у воді акваріумів раз у два дні проводили її заміну з додаванням заданої кількості йонів металів.

Основному досліді передував дослід орієнтаційний, яким встановлено значення основних токсикологічних показників досліджуваних токсикантів для ставковика озерного.

У лабораторії для здійснення тривалих спостережень молюсків по 5 особин уміщали у скляні 3-літрові ємності. Ставковикам як корм давали листя кульбаби. Цифрові результати дослідів опрацьовано методами варіаційної статистики за Г. Ф. Лакіним [12].

Результати дослідження та їх обговорення

Орієнтовними дослідями встановлено зони токсичного впливу досліджуваних полютантів з використанням рибогосподарсько-токсикологічного підходу, при якому виділяють летальні (гострі та хронічні), сублетальні, стимулюючі та недіючі концентрації. Для усіх шести йонів важких металів встановлено діапазони концентрацій, за яких або знижувались основні функції організму і молюски гинули протягом декількох діб (гостролетальні концентрації), або надто пригнічувались основні їх функції і протягом перших місяців впливу гинули дорослі особини та молодь (хронічні летальні концентрації). У певному діапазоні концентрацій (витримувані концентрації) молюски жили протягом усього досліду і у них спостерігалась деяка стимуляція функцій, що було помітно за активізацією харчової та статевої поведінки. І, нарешті, за деяких концентрацій токсиканту (підпорогові концентрації) поведінка молюсків не відрізнялася від такої у контролі. В основних дослідях використовувалось по 4 концентрації йонів металів – по одній із кожного діапазону концентрацій (таблиця).

Дослідженнями встановлено, що процес отруєння ставковика йонами важких металів носить фазовий характер. На початкових етапах отруєння пристосування до умов токсичного середовища відбувається за рахунок змін у етології тварин. Майже одночасно з ними реєструються і швидкі фізіологічні захисно-приспосувальні реакції.

Яскравим прикладом поведінкових реакцій є підвищення рухової активності піддослідних тварин.

Діапазони концентрацій йонів важких металів (мг/дм³) за характером їхнього впливу на ставковика озерного

Йон	Концентрації			
	Гостролетальні	Хронічні летальні	Витримувані	Підпорогові
Ni ²⁺	115 – 5	0,5 – 0,05	$5 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-8}$ і нижче
Co ²⁺	25 – 12	4 – 1	$0,2 - 2 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-6}$
Cd ²⁺	5 – 0,5	$5 \cdot 10^{-2} - 5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-6}$ і нижче
Mn ²⁺	195 – 110	95 – 55	40 – 1	0,2 і нижче
Cu ²⁺	4 – 0,4	$4 \cdot 10^{-2} - 4 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-4} - 4 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-8} - 4 \cdot 10^{-10}$
Zn ²⁺	25 – 5	2 – 0,2	$5 \cdot 10^{-2} - 5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-7} - 5 \cdot 10^{-9}$

Першою реакцією тварин, які опинились у затруєному середовищі, є намагання якомога швидше залишити його. Вони здійснюють цілеспрямований рух у одному напрямку – вгору, збираючись при цьому над урізом води. Це, так звана, реакція уникнення, яку ми спостерігали у всіх молюсків, що знаходилися у розчинах хронічних летальних концентрацій. За гостролетальних концентрацій перші ознаки порушень проявляються, навпаки, у сповільненні рухів молюсків. Вони майже не рухаються і не живляться. У гостротоксичному середовищі молюски розосереджені, тоді як контрольні тварини збираються у групи. Молюски спочатку висувають тіло з черепашки (реакція випадіння), а потім втягують його, зменшуючи свій об'єм на 2-3 мм.

Загальновідомо [17], що адаптація до зміни умов навколишнього середовища на рівні організмів відбувається поетапно (в залежності від ступеню порушень, що в них відбуваються). І, якщо швидкі поведінкові пристосування виявляються недостатніми, відбуваються пристосування фізіологічного та біохімічного характеру. Через це біохімічні та фізіологічні

показники широко використовуються у дослідженнях з водної токсикології [4]. Проте лише в окремих випадках здійснюються спроби знайти кореляцію між змінами цих показників і такими найважливішими біологічними показниками як виживання, розмноження, розвиток на рівні окремої особини, не говорячи вже про аналіз цих показників на рівні популяцій та виду в цілому [7].

Серед найперших фізіологічних реакцій у молюсків, підданих дії токсикантів, варто відзначити ослизнення тіла через посилення секреторної діяльності залозистих клітин, що локалізовані у покривах їхнього тіла. Слиз товстим шаром покриває тіло тварин, являючи собою певну перепону для дифузії токсиканту із навколишнього середовища в організм. Це швидка захисна фізіологічна реакція. Сильне ослизнення тіла реєстрували у переважної більшості ставковиків протягом перших двох годин експозиції у токсичних середовищах. У подальшому шар слизу, як правило, не потовщувався, а в окремих випадках навіть потоншувався внаслідок коагуляції слизу та відшарування його від тіла у вигляді пластівців.

Слабкий та помірного ступеню набряк також можна розглядати як одну із швидких захисних фізіологічних реакцій. Відомо [5], що обводнення тканин до певного рівня (коли вміст води в організмі молюсків досягає 85-86% від їх загальної маси) є захисно-приспосувальною реакцією, скерованою на виживання їх у несприятливих умовах середовища. Зрушення водного балансу у межах до 10% є сумісними з життям. Помірне накопичення води має значення для детоксикації, оскільки відбувається "розведення" нею тих токсичних речовин, які потрапили до організму молюсків. Відмічено, що зі збільшенням маси тіла зменшується кількість токсичних речовин, які припадають на кожну одиницю маси їхнього тіла (тобто зменшується їх доза). Обводнення тканин може сприяти посиленому надходженню кисню у клітини та інтенсифікації дихання. Проте, ця захисна реакція є відносною. Відомо [8], що накопичення надлишкової кількості води у тілі молюсків,

яких тривалий час утримували у розчинах з концентраціями токсикантів із діапазону витримуваних, обумовлене порушенням роботи видільної системи і зменшенням осмотичної концентрації видільних секретів. Ці патологічні зміни призводять до прогресуючого збільшення їх маси (у середньому на 16-25%) та до розвитку набряку тіла, об'єм якого збільшується у 1,5-2 рази. Затримка та накопичення великої кількості води у тілі молюсків призводить до стискання клітинних елементів різних ділянок їх тіла, що набрякають, до порушення тканинного обміну і, як результат, – до дистрофічних та некротичних змін клітин, їх загибелі і зниження функцій набряклого органу. Інтенсивний позитивний водний баланс свідчить про порушення у тварин водного обміну, що обумовлене збільшенням концентрації двоокису вуглецю в крові [18].

У токсичному середовищі за гостролетальних концентрацій спостерігається зростання негативного водного балансу. Зневоднення молюсків є для них небезпечним через розладнання захисно-приспосувальних механізмів.

При підвищених концентраціях йонів важких металів (хронічні летальні та витримувані концентрації) порушується імунний захист організму, діяльність ендокринної та центральної нервової системи, спостерігаються чисельні відхилення у обміні речовин, розвивається гіпоксія тканин та низка інших аномалій.

Відмінною фізіологічною особливістю гідробіонтів (зокрема, досліджуваних молюсків) є існування двох шляхів надходження неорганічних йонів у їх організм. Один з них обумовлений абсорбцією йонів безпосередньо із води через слизові покриви тіла, а інший – пероральний, пов'язаний із проходженням речовин, що всмокталися у кишечнику, до гепатопанкреасу. У ході досліджень зроблено висновок, що процес живлення рослиноїдних молюсків характеризується інтенсивністю, регулярністю і трудомісткістю. У ході процесу живлення з субстрату зішкрябується велика

маса обростань, а засвоюється із неї як їжа лише частина. Оскільки рослини є концентраторами йонів важких металів, то по харчових ланцюгах стає можливою передача важких металів від продуцентів подальшим його ланкам, у тому числі і молюскам-фітофагам.

Нами особливої уваги надано особливостям живлення тварин у токсичному середовищі, оскільки показником чутливості їх до дії токсикантів може бути і харчова поведінка (інтенсифікація або пригнічення споживання корму). За високих концентрацій токсикантів завжди спостерігається пригнічення живлення. У сублетальних концентраціях у перші два тижні молюски, як правило, споживають менше корму, ніж у нормі, а згодом – більше, ніж у нормі. Причиною цього є необхідність протистояти патологічним змінам, що відбуваються у організмі тварин за дії токсикантів.

З'ясовано зв'язок між живленням та репродуктивною функцією молюсків. Голодування призводить до прогресивного зменшення кількості яєць, хоча маса яєць при цьому не зменшується. Дванадцять діб голодування зазвичай цілком зупиняють розмноження. За голодування зникають деякі стадії сперматогенезу та оогенезу. Як тільки годування тварин відновлюється – кількість яєць збільшується. Чим коротшими є періоди голодування, тим швидше молюски починають розмноження, і навпаки.

Реакції молюсків, які знаходились у розчинах з підпороговими концентраціями токсикантів, не відрізнялися протягом експерименту від таких у контрольної групи організмів, утримуваних у чистій воді. Проте, у кінці досліду навіть у цієї групи тварин спостерігалось деяке пригнічення фізіологічних відправлень, що можна пояснити накопиченням йонів важких металів у організмі молюсків. Адже йони металів не розкладаються з часом і зберігають свою токсичність в організмах. Тому навіть невисокі концентрації токсиканту, які спочатку виділяються як недіючі, з часом можуть перейти у діапазон витримуваних.

* Висновки

Вивчаючи екологію будь-якого гідробіонту варто звертати увагу на стан середовища у якому він мешкає, оскільки від нього у великій мірі залежить ступінь процвітання того чи іншого біологічного виду. Першим етапом екотоксикологічних досліджень, які можна провадити у різних напрямках, повинно бути спостереження за поведінковими та фізіологічними характеристиками гідробіонтів. Ці реакції є найпершими ознаками порушення процесів життєдіяльності у гідробіонтів, які знаходяться у забрудненому середовищі. Поведінка тварин у токсичному середовищі є досить тонким і достатньо чутливим показником токсичності, який дозволяє зрозуміти, як саме гідробіонти протистоять впливу на них отруйних речовин. За змінами захисно-приспосувальних фізіологічних реакцій тварин можна також судити про характер дії токсичних речовин. У зв'язку з цим перспективною може стати оцінка якості середовища за станом самих біологічних систем. При подальших дослідженнях варто особливої уваги надати змінам, які відбуваються у здійсненні репродуктивної функції молюсків. Адже від неї, насамперед, залежать темпи відтворення чисельності популяцій, їх густини і, врешті-решт, – збереження видів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Алексеев В. А. Основные принципы сравнительно-токсикологического эксперимента // Гидробиол. журн. – 1981. – 17. – № 3. – С. 92-100.
2. Алексеев В. А. О понятиях “чувствительности” и “устойчивости” гидробионтов к токсическому воздействию // Гидробиол. журн. – 1983. – 19. № 3. – С. 77-81.
3. Брагинский Л. П. О некоторых принципах подбора тест-объектов в исследованиях по водной токсикологии // Критич. токсикол. и принципы методик по водн. токсикол. / Изд-во МГУ, 1971. – С. 172-182.

4. Бузинова Н. С., Данильченко О. П. Реагирование моллюсков *Lymnaea stagnalis* на загрязнение. Физиолого-биохимические изменения // Научн. докл. высш. шк. Биол. н., 1984. - № 1. - С. 55-61.
5. Вискушенко Д. А., Бенедик С. В., Поповичук О.І. Вплив азотнокислого свинцю на водний баланс ставковика озерного (*Mollusca: Pulmonata: Lymnaeidae*) // Вісн. Житомир. педагог. ун.-ту. - 1999. - Вип. 4.- С. 87-88.
6. Евтушенко Н. Ю. О комплексном подходе к исследованию гидроэкологического состояния Дуная на основе мониторинга // Вод. ресурсы. - 1993. - 20, № 4. - С. 412-419.
7. Колосова Л. В., Строганов Н. С., Новосадова Т. Г. Физиологическая резистентность прудовиков к воздействию ТЭОХ // Тез. докл. III Всесоюзн. конф. по водн. токсикол. Ч. 2. - Петрозаводск: УОПКФ АН СССР, 1975. - С. 72-73.
8. Колупаев Б. И. Нормальные и патологические изменения у гидробионтов // Биол. Науки. - 1989. - № 4. - С. 51-55.
9. Коновалов Ю. Д. Связывание кадмия и ртути белками и низкомолекулярными тиоловыми соединениями рыб // Гидробиол. журн. - 1993. - 29, № 1. - С. 42-51.
10. Кораблева А.И. Оценка загрязнения водных экосистем тяжелыми металлами // Вод. ресурсы. - 1991. - № 2. - С. 105-111.
11. Короленко Г. И., Степаненко А. А. О возможности использования поведенческих реакций брюхоногих моллюсков для биотестирования токсичности загрязненных вод // Гидрохим. материалы. - Ленинград, 1984. - 89. - С. 14-27.
12. Лакин Г. Ф. Биометрия. - М.: Высш. шк., 1990. - 351 с.
13. Лукьяненко В. И. Экологические аспекты ихтиотоксикологии. - М. : Агропромиздат, 1987. - 240 с.

14. Мур Дж., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. – М.: Мир, 1987. – 288 с.
15. Романенко О. В., Костильов О. В. Основи екології. – К. : Фітосоціоцентр, 2001. – 150 с.
16. Стадниченко А. П., Киричук Г. Є., Янович Л. М., Мельниченко Р. К., Гарбар О. В., Вискушенко Д. А., Куницький В. В., Куркчі Л. М. Сучасний стан водного басейну Житомирщини та його вплив на здоров'я населення // Вода и здоровье-98: Тез. докл. междунар. науч. - практ. конф. – Одесса, 1998. – С. 44–48.
17. Стадниченко А. П., Сластенко М. М., Куркчі Л. М., Мокрицька А. М., Брянська Н. Ф., Лозінська Ю. З. Пристосовні та патологічні поведінкові та фізіологічні реакції витушки пурпурної при повторному отруєнні нітратом натрію. – Київ, 1995. – 12 с. – Рукопис деп. в ДНТБ України, № 1146. – Ук 95 а.
18. Строганов Н. С. Роль среды в пластическом обмене у рыб // Обмен веществ и биохимия рыб. – М., 1967. – С. 23-30.
19. Флеров Б. А. Эколого-физиологические аспекты токсикологии пресноводных животных. – Л.: Наука, 1989. – 140 с.
20. Matsui S. Movement of toxic substances through bioaccumulation // Guidelines of lake management. – 1991. – 4. – ILEC / UNEP. – pp. 27 - 41.

Pinkina. T.V.

THE EFFECTS OF THE IONS OF THE WATER MEDIUM HEAVY METALS ON THE BEHAVIORAL, MORFOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF LYMNAEA STAGNALIS

Behavioral, morphological and physiological responses of *Lymnaea stagnalis* to different levels of the heavy metal ion intoxication. It is established that long before nonreversible pathological shifts changes and their death animals

ЕКОЛОГІЯ

alter their behavior in response to the toxic influence, only where quick adaptability proves to be inadequate physiological and biochemical adaptability takes place.

Надійшла 18.02.2005