

ВПЛИВ СУЛЬФАТУ МІДІ ТА ХЛОРИДУ ЦИНКУ НА ЖИВЛЕННЯ *LYMNAEA STAGNALIS*

Досліджено вплив сульфату міді (0,2; 0,4; 0,6 мг/дм³) та хлориду цинку (2; 10; 18 мг/дм³) на особливості трофіки *Lymnaea stagnalis*.

Серед чинників антропогенного впливу на водні екосистеми останнім часом суттєвого значення набуває забруднення їх йонами важких металів. Однак недостатній рівень висвітлення впливу цих токсикантів на бентичні організми суттєво утруднює побудову екологічної системи ГДК та не дозволяє прогнозувати вірогідні зміни у водних екосистемах. Водночас об'єкт дослідження є досить поширеним у внутрішніх водоймах України, що дозволяє до певної міри екстраполювати отримані результати на близькі за способом життя види.

Трофологія, згідно сучасних уявлень, відіграє одну з ключових ролей у загальній екології. Ми вирішили дослідити вплив різних концентрацій сульфату міді та хлориду цинку на деякі трофічні показники *L. stagnalis*. Адже основні трофічні показники досить чутливо відображають зміни фізіологічного статусу піддослідних тварин та свідчать про гармонійність або порушення обмінних процесів у їх організмі.

Матеріал і методика досліджень

Об'єктом дослідження був ставковик озерний *Lymnaea stagnalis* L., зібраний в басейні р. Тетерів у травні-липні 2000 р. Токсикологічні дослідження поставлено за методикою В.А. Алексеева [1]. Після обробки інформації, отриманої в ході експериментів, встановлювали основні токсикологічні показники: найбільшу концентрацію, в якій всі тварини залишаються протягом експозиції живими, – LC₀ (ЛК₀) та найменшу концентрацію, в якій усі тварини за час експозиції гинуть, – LC₁₀₀ (ЛК₁₀₀). Значення LC₅₀ (ЛК₅₀) отримували графічним методом [3]. У межах показників LC₀ – LC₅₀ підбирали концентрації для проведення трофічного дослідження. Для встановлення показників живлення користувались методиками А.П. Сушкіної [4] та О.А. Цихон-Луканіної [5]. Тривалість трофологічних дослідів – 48 годин. Як кормовий об'єкт у наших дослідів використано частуху (*Alisma plantago* L.), яка, як відомо [7], є одним із найулюбленіших кормових об'єктів ставковика.

Результати експериментів та їх обговорення

Як показали результати наших досліджень величина середньодобового раціону (ВСР) коефіцієнт засвоєння їжі (КЗІ) та тривалість її проходження через травний тракт (ТПІ) коливаються у досить значних межах. Розмах величини показників відповідно становить – 1,01–3,90%; 0,25–0,76 та 210–382 хв. Отримані нами дані подібні до відомостей, здобутих Є.А. Цихон-Луканіною [6], за результатами дослідів якої розмах показників живлення досягає іноді 85%.

Таблиця 1

Вплив сульфату міді на величину середньодобового раціону (% до загальної маси тіла) у *L. stagnalis*, M±m, n = 65

Концентрація сульфату міді, мг/дм ³	M±m _M	P, %	Відхилення від контролю, %
Контроль	2,88±0,13		
0,2	1,65±0,09	>99,99	- 42,71
0,4	1,56±0,08	>99,99	- 45,83
0,6	0,74±0,04	>99,99	- 74,31

Важливим трофічним показником є ефективність живлення (ЕЖ). Як показали результати проведених нами дослідів, для контрольної групи тварин він становить $1,51 \pm 0,12\%$. Очевидно, що цей показник менший за ВСР, оскільки враховує не тільки валову кількість спожитої ставковиком їжі, але й той відсоток її, що виділяється разом з фекаліями, а отже і не використовується твариною на її власні потреби. Це особливо важливе саме при токсикологічних дослідженнях, тому що можна отримати чіткішу картину динаміки патологічного процесу зі зміною концентрацій застосованих у дослідах токсичних речовин. Описані вище трофічні показники не завжди дають відповідь на запитання – що саме відбувається з живленням загалом. Лише застосування такого інтегрального показника як ЕЖ дозволяє дати хоча б часткову відповідь на це запитання.

Таблиця 2

Вплив сульфату міді на коефіцієнт засвоєння їжі у *L. stagnalis*, $M \pm m$; $n = 65$

Концентрація сульфату міді, мг/дм ³	$M \pm m$	P, %	Відхилення від контролю, %
Контроль	$0,51 \pm 0,02$		
0,2	$0,60 \pm 0,02$	99,85	+ 17,65
0,4	$0,55 \pm 0,02$	84,15	+ 7,84
0,6	$0,29 \pm 0,02$	>99,99	- 43,14

При вивченні особливостей живлення ставковика застосувались 0,2, 0,4 та 0,6 мг/дм³ сульфату міді (табл. 1–4). Це викликано тим, що у концентраціях сульфату міді, більших за 0,6 мг/дм³, ставковики майже не споживають їжу. Так, при 0,7 мг/дм³ цієї токсичної речовини у воді лише близько 10 % молюсків споживають корм (і то у край незначних кількостях), а при 0,8 мг/дм³ лише окремі екземпляри спорадично проявляють кормову активність (вибірка в обох випадках – 20 екз). При більш високих концентраціях цього токсиканту тварини взагалі не живляться. А це означає, що при цих концентраціях токсиканту настає такий момент, коли виходить із ладу регуляторний механізм, який компенсує порушення в організмі, що кінець кінцем призводить до загибелі тварин. Виходячи з цього, ми вирішили, що найбільш цікавим та інформативним має бути дослідження особливостей живлення ставковика в інтервалі концентрацій сульфату міді від 0,1 до 0,6 мг/дм³.

Таблиця 3

Вплив сульфату міді на тривалість проходження їжі (хв) у *L. stagnalis*, $M \pm m$; $n = 60$

Концентрація сульфату міді, мг/дм ³	$M \pm m$	P, %	Відхилення від контролю, %
Контроль	$278,11 \pm 8,87$		
0,2	$245,87 \pm 13,69$	95,23	- 11,59
0,4	$222,53 \pm 12,24$	>99,99	- 19,99
0,6	$184,37 \pm 5,50$	>99,99	- 33,71

Встановлено, що під впливом усіх використаних у дослідах концентрацій сульфату міді значення ВСР та ТПІ ставковика озера прогресуюче знижуються (табл. 1, 3). І це при тому, що енергозабезпечення молюсків, які потрапили у токсичне середовище, здійснюється, в основному, за рахунок анаеробних процесів [2]. Здавалося б, у відповідь на дію токсиканта у тварин повинні були би зростати як кількість спожитої їжі, так і час її проходження через травний тракт, принаймні при 0,2 мг/дм³ сульфату міді у воді. Адже ця концентрація, як встановлено іншими нашими дослідженнями, є для них стимулюючою концентрацією. Одне з можливих пояснень такого протиріччя може дати закон неоднозначної дії чинників на різні функції організму, згідно якого при дії на біонтів певних негативних чинників пристосування

до них може відбуватись за рахунок прискорення якихось одних фізіологічних процесів, у той час як деякі інші можуть бути або на межі норми, або навіть нижчими за неї.

Необхідно підкреслити, що це підтверджується і значеннями КЗІ ставковика. Так, при 0,2 мг/дм³ сульфату міді у воді значення його зростають на 17,7 % (табл. 2). Здавалося б на цьому етапі розвитку патологічного процесу пристосування ставковиків до дії токсиканта йде за рахунок збільшення відсотку засвоєного корму, що й забезпечує підвищення рівня основного обміну у тварин.

Таблиця 4

Вплив сульфату міді на ефективність живлення (%) у *L. stagnalis*, $M \pm m_M$; n = 65

Концентрація сульфату міді, мг/дм ³	$M \pm m_M$	P, %	Відхилення від контролю, %
Контроль	1,51±0,12		
0,2	0,99±0,07	>99,99	- 34,44
0,4	0,85±0,06	>99,99	- 43,71
0,6	0,22±0,01	>99,99	- 85,43

При 0,4 мг/дм³ токсиканту в середовищі відбувається деяке зниження КЗІ (відносно його значень у попередній концентрації). Але величина цього показника усе ще залишається дещо більшою за контрольну. Отже, за цих умов моллюски ще здатні протистояти патогенному впливові полутанту, але очевидно, що подальше знаходження їх у затруєній воді має призвести до швидкої загибелі особин.

Таблиця 5

Вплив хлориду цинка на величину середньодобового раціону (% до загальної маси тіла) у *L. stagnalis*, $M \pm m_M$; n = 65

Концентрація хлориду цинка, мг/дм ³	$M \pm m_M$	P, %	Відхилення від контролю, %
Контроль	2,88±0,13		
2	2,40±0,13	99,24	- 16,67
10	1,34±0,08	>99,99	- 53,47
18	0,20±0,01	>99,99	- 93,06

При 0,6 мг/дм³ сульфату міді у воді всі досліджувані нами величини показників живлення ставковиків значно зменшуються. Це є наслідком розвитку у них депресивної фази загального патологічного процесу отруєння, на якій відбувається пригнічення захисно-приспосувальних властивостей цих тварин.

Таблиця 6

Вплив хлориду цинка на коефіцієнт засвоєння їжі у *L. stagnalis*, $M \pm m_M$; n = 65

Концентрація хлориду цинка, мг/дм ³	$M \pm m_M$	P, %	Відхилення від контролю, %
Контроль	0,51±0,02		
2	0,55±0,02	84,15	+ 7,84
10	0,37±0,02	>99,99	- 27,45
18	0,08±0,004	>99,99	- 84,31

Розглядаючи зміну ЕЖ за різних концентрацій токсиканту у воді (табл. 4), слід відмітити, що висловлена нами гіпотеза про те, що пристосування до умов токсичного середовища на початкових етапах отруєння відбувається у ставковика за рахунок підвищення

КЗІ, вірна лише до певної межі. 48-годинна експозиція ставковиків навіть при 0,2 мг/дм³ сульфату міді у воді викликає різке зниження ЕЖ: більше, ніж на 30 % (P>99,99 %). У подальшому величина цього показника продовжує знижуватись, становлячи при 0,6 мг/дм³ цієї солі у середовищі 0,22 %. Отже зростання значення КЗІ лише частково може компенсувати прогресуюче падіння ВСР досліджуваного нами моллюска.

За дії на ставковика хлориду цинка (табл. 5–8) у нього, як і у випадку зі сульфатом міді, з підвищенням концентрації токсиканта спостерігається зниження значень ВСР та ТПІ. Нами встановлено, що КЗІ при концентрації хлориду цинка у водному середовищі 2 мг/дм³ має тенденцію до росту (на 7,8 %), але при 10 мг/дм³ його значення нижчі за контроль на 27,5 % (табл. 6). При 18 мг/дм³ цієї солі у середовищі зниження величини досліджуваного показника продовжується, зменшуючись на 84,3 % щодо контролю.

Таблиця 7

Вплив хлориду цинка на тривалість проходження їжі (хв) у *L. stagnalis*, M±m; n = 49

Концентрація хлориду цинка, мг/дм ³	M±m _M	P, %	Відхилення від контролю, %
Контроль	278,11±8,87		
2	237,78±9,94	99,76	- 14,50
10	222,22±11,79	>99,99	- 20,10
18	185,17±9,25	>99,99	- 33,42

Зміна ЕЖ ставковика під впливом хлориду цинка у воді відбувається подібно до того, як це має місце за дії сульфату міді: зі зростанням концентрації токсиканту в середовищі спостерігається тенденція до зниження ЕЖ (табл. 8). Однак у найменшій із застосованих нами концентрацій хлориду цинка величина цього показника ще не має статистично вірогідної різниці з контролем.

Таблиця 8

Вплив хлориду цинка на ефективність живлення (%) у *L. stagnalis*, M±m; n = 65

Концентрація хлориду цинка, мг/дм ³	M±m _M	P, %	Відхилення від контролю, %
Контроль	1,51±0,12		
2	1,32±0,08	82,62	- 12,58
10	0,52±0,02	>99,99	- 65,56
18	0,02±0,001	>99,99	-98,68

Пригнічення описаних вище показників може свідчити лише про перехід піддослідних тварин на анаеробний тип дихання, що завжди відбувається у моллюсків на депресивній фазі розвитку патологічного процесу, зумовленого їх отруєнням токсикантами. Високоєфективне з енергетичної точки зору аеробне розщеплення вуглеводів замінюється більш древнім філогенетично та більш затратним гліколізом.

Прикладом індивідуальності відповідей ставковика за дії на нього важких металів водного середовища може слугувати відмова окремих особин від їжі у всіх концентраціях обох досліджуваних токсикантів. Кількість тварин, що перестали споживати корм, із підвищенням концентрації цих солей у воді неухильно зростає. Отже, відмова ставковика від корму може бути використана як тест-функція при здійсненні екологічного моніторингу природних вод.

Висновки

Наведені вище результати наших досліджень свідчать про те, що живлення досить чутливо відображає зміни інтенсивності та направленості обмінних процесів у ставковиків. Це дозволяє використовувати застосовані нами показники як індикатори функціонального стану

організму в нормі і за дії на них екстремальних подразників хімічної природи, в тому числі і токсичних речовин.

Експериментальні дані показують, що за дії 0,2, 0,4 та 0,6 мг/дм³ сульфату міді та 2, 10 та 18 мг/дм³ хлориду цинку величина середньодобового раціону та тривалість проходження їжі через травний тракт у ставковика озерного знижуються. Пристосування до патогенного впливу важких металів частково відбувається за рахунок підвищення КЗІ при 0,2 мг/дм³ сульфату міді та на порядок більшій концентрації хлориду цинку. У більш високих концентраціях токсикантів патологічні процеси починають переважати над захисно-приспосувальними, що призводить до зниження величини як цього, так і усіх інших із досліджуваних нами трофологічних показників.

Література

1. *Алексеев В.А.* Основные принципы сравнительно-токсикологического эксперимента // Гидробиол. журн. – 1981. – Т.17, №3. – С. 92–100.
2. *Маляревская А.Я., Карасина Ф.М.* Обратимость изменений активности дыхательных ферментов и уровня общего тиамин у моллюсков при отравлении солями тяжелых металлов // Эксперим. Вод. Токсикол. – Рига, 1985. – №10. – С. 55–61
3. *Прозоровский В.Б.* О выборе метода построения кривой летальности и определения средней летальной дозы // Журн. общ. биологии. 1960. – Т.21, №3. – С. 221–228.
4. *Сушкина А.П.* Питание и рост некоторых брюхоногих моллюсков // Тр. ВГБО. – 1949. – Т.1. – С. 118–131.
5. *Цихон-Лукашина Е.А., Солдатова И.Н., Николаева Г.Г.* Об усвояемости пищи донными ракообразными Азовского моря и методах ее определения // Океанология. – 1968. – Т.8, Вып.3. – С. 487–491.
6. *Цихон-Лукашина Е.А.* Трофология водных моллюсков. – М.: Наука, 1987. – 176 с.
7. *Frömming E.* Quantitative untersuchunge überdie nahrungsaufnahme der sübwasser lungen schnecke *Lymnaea stagnalis(L.)* // Z. Fischerei. – 1953. – 2, №5-6. – S. 451–456