

УДК 574.64:594.38

Пінкіна Т.В.

## ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАВКОВИКА ОЗЕРНОГО ЗА ДІЇ НА НЬОГО ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Житомирський національний агроекологічний університет,  
e-mail: pinkinatv@yandex.ru

*Ключові слова:* ставковик озерний, важкі метали, екотоксикологічні показники.

Останніми роками несприятливий антропогенний вплив на навколишнє середовище значно посилюється. Особливо це характерно для України, де загострення екологічних проблем пов'язане з реструктуризацією економіки та слабкою увагою до усунення негативних впливів господарської діяльності у різних регіонах. Нераціональне природокористування призводить до гострої екологічної ситуації, яка пов'язана з поступанням забруднюючих речовин у поверхневі та підземні води.

Серед різноманітних забруднюючих речовин поверхневих вод суходолу однією із найбільш екологічно небезпечних груп є сполуки важких металів [2, 9–11, 13, 18]. Деякі з них мають канцерогенні та мутагенні властивості і в той же час можуть обумовлювати незворотні зміни у водних екосистемах. Тому контроль за вмістом цих металів у водоймах, а також встановлення рівня антропогенних навантажень, що пов'язані з надходженням їхніх сполук у водні екосистеми, є надзвичайно актуальним завданням.

Досить часто забруднюючі речовини та сполуки не можуть бути виявлені у воді звичайними хімічними методами, оскільки політанти мають низькі концентрації, а можливість аналітичних методів контролю і операторів обмежені. Тому такою необхідною є оцінка потенційної біологічної небезпеки забруднення природних вод. Цій меті може служити токсикологічний контроль із застосуванням методів біотестування. Під токсичністю розуміють [8] властивість хімічної речовини ушкоджувати живі організми або летально діяти на них. За будь-якого змісту токсикологічних досліджень першим кроком має бути встановлення меж безпечності токсичної речовини, а також меж найбільшого та помірного її впливу. Іони важких металів у мікрокількостях необхідні живим організмам, а за концентрацій, що перевищують безпечний їх вміст у організмі, стирається грань між їх

фізіологічною та токсичною дією [4]. Вважають [19], що за дії летальних концентрацій настає незворотне пригнічення фізіологічної активності, а сублетальні концентрації пригнічують її лише спочатку, після чого настає поступове відновлення функцій. Більшість досліджень щодо впливу іонів важких металів на організми присвячена вивченню пристосувальної мінливості морфологічних показників [6] та порушенню різноманітних біохімічних процесів та фізіологічних функцій [15, 11]. У низці експериментальних робіт встановлено лише деякі токсикологічні показники ( $LC_0$ ,  $LC_{50}$ ,  $LC_{100}$ ) для прісноводних організмів (дафній) [14] і, зокрема, для легеневих молюсків [20] за впливу іонів міді, цинку та кадмію. Такі роботи направлені насамперед на пошук діапазонів концентрацій, у яких можна вести подальші дослідження, і в них використано як основний критерій лише ступінь виживання тварин. Відомості щодо часу появи перших ознак отруєння та настання незворотних явищ під час отруєння, а також відносно пристосування та витривалості тварин до впливу іонів важких металів відсутні. Стосовно впливу іонів нікелю існують розрізнені дані, які стосуються порівняння токсичності при взаємодії різних важких металів [16]. Визнано за необхідне досліджувати вплив на організми й інших елементів, зокрема кобальту, оскільки його антропогенне надходження у навколишнє середовище перевищує природні потоки або співставиме з ними [5]. Комплексні дослідження щодо встановлення основних екотоксикологічних показників для обраного нами індикаторного організму – червоногого молюска ставковика озерного (*Lymnaea stagnalis* L.) за дії на нього іонів міді, нікелю та кобальту не проводились. По кожному з них нами визначено величини 13 токсикологічних показників. Для нікелю та кобальту 10 із них було встановлено вперше.

### МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Матеріалом для дослідження слугували 704 однорозмірних (висота черепашки 38,5 – 41,3 мм) екземплярів ставковика озерного *L. stagnalis*, зібраного вручну та за допомогою сачка у травні-червні 2007-2008 рр. у басейні Середнього Дніпра (р. Тетерів, м. Житомир). У лабораторію тварин транспортували у невеликих полотняних мішечках, уміщених у свою чергу в пакети з поліетилену. Аклімація до лабораторних умов становила 2 доби.

Умови експерименту: температура води – 19 – 23°C, рН 7,2 – 8,6, вміст кисню 8,6 – 8,9 мг/дм<sup>3</sup>. Токсиканти – хлориди міді, нікелю та кобальту водного середовища (ч.д.а.). Розчин готували на дехлорованій відстоюванням (1 доба) воді з житомирської водогінної

мережі. Відпрацьовані розчини через 24 год заміняли свіжими. Основному дослідю передував дослід орієнтовний, призначений для підбору концентрацій, необхідних для основного дослідю [1]. Дію на молюсків токсичного середовища встановлювали за допомогою різних концентрацій хлоридів важких металів. Максимальний час витримування молюсків у цих розчинах – 48 год.

У результаті проведеного експерименту отримано значення таких основних екотоксикологічних показників: недіючі, сублетальні та летальні концентрації – LC<sub>0</sub>, LC<sub>50</sub>, LC<sub>100</sub>; коефіцієнт пристосування (КП); коефіцієнт витривалості (КВ); ступінь токсичності (СТ); порогова концентрація (ПК); час виживання (ЧВ); летальний час (ЛЧ); летальний середній час (ЛСЧ); латентний період (ЛП). Більшість показників отримали у результаті візуального спостереження за поведінкою молюсків у затруєному середовищі та визначення кількості загинувших особин.

Коефіцієнт витривалості обчислювали для кожної із застосованих концентрацій хлоридів металів за формулою:

$$KB = \frac{E_k}{E_n},$$

де E<sub>k</sub> – час, за який загинули усі піддослідні тварини; E<sub>n</sub> – час, через який загинула перша тварина [3].

Коефіцієнт пристосування визначали за методикою І. Мелесі [17]. Молюсків витримували у розчинах сублетальних концентрацій хлоридів металів протягом двох діб. Після цього піддослідних та контрольних тварин поміщали у розчини летальних концентрацій цих токсикантів. Різниця у часі загибелі піддослідних та контрольних молюсків давала коефіцієнт пристосування у піддослідних тварин.

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Перш ніж з'ясувати особливості реагування фізіологічних систем організму молюсків на різні рівні інтоксикації їх іонами важких металів ми вирішили висвітлити загальні особливості токсичного впливу на *L. stagnalis* означених поліютантів, для чого нами було визначено основні токсикологічні показники (табл. 1).

Виходячи з отриманих токсикологічних показників, встановлено зони токсичної активності досліджуваних поліютантів: іонів міді – < 0,0004-0,4; нікелю – < 0,05-5; кобальту – < 20-2000.

Згідно зі шкалою токсичності речовин для гідробіонтів [12] досліджені нами речовини, які в гострих дослідях викликають загибель 50% тварин, за ступенем токсичності віднесено до наступних трьох груп:

1. Високотоксичні речовини (до 1 мг/дм<sup>3</sup>). Сюди належить мідь.
2. Сильнотоксичні речовини (1–10 мг/дм<sup>3</sup>). Це нікель.
3. Слабкотоксичні речовини (вище 100 мг/дм<sup>3</sup>). До цієї групи відноситься кобальт.

**Таблиця 1.** Основні токсикологічні показники (мг/дм<sup>3</sup>) для ставковика озерного, підданого 48-годинній дії розчинів іонів важких металів

	LC <sub>0</sub>	LC <sub>50</sub> *	LC <sub>100</sub>	Ступінь токсичності	Порогова концентрація
Cu <sup>2+</sup>	0,0004	0,04	0,4	0,04	0,004
Ni <sup>2+</sup>	0,05	3	5	3	0,005
Co <sup>2+</sup>	20	200	2000	200	0,2

\*Встановлено графічно.

Слід відмітити, що не дивлячись на досить широкий розмах показників ступеню токсичності та діапазонів концентрацій від гостролетальних до підпорогових (табл. 2), молюски надзвичайно чутливі до іонів важких металів; на це вказують значення *порогових концентрацій* для цих поліутантів.

**Таблиця 2.** Діапазони концентрацій іонів важких металів за характером їхнього впливу на ставковика озерного

Іон	Концентрації (мг/дм <sup>3</sup> )			
	Гостролетальні	Хронічні летальні	Сублетальні	Підпорогові
Cu <sup>2+</sup>	4 – 0,4	4·10 <sup>-2</sup> – 4·10 <sup>-3</sup>	4·10 <sup>-4</sup> – 4·10 <sup>-7</sup>	4·10 <sup>-8</sup> і нижче
Ni <sup>2+</sup>	15 – 5	0,5 – 0,05	5·10 <sup>-3</sup> – 5·10 <sup>-5</sup>	5·10 <sup>-6</sup> і нижче
Co <sup>2+</sup>	25 – 5	4 – 1	0,2 – 0,02	0,03 і нижче

Навіть якщо організм реагує серйозними морфологічними та фізіологічними зрушеннями, знаходячись у розчинах з більшими концентраціями (особливо чітко це можна прослідкувати за впливу кобальту), перші реакції на токсикант з'являються за досить низьких його концентрацій.

При визначенні токсикологічних показників нами враховано *швидкі поведінкові та фізіологічні реакції молюсків*. Саме ранні реакції організмів на токсичний вплив (поведінка тварин у токсичному середовищі) є найбільш тонким, найбільш чутливим показником рівня токсичності середовища. Своєю поведінкою задовго до моменту прояву незворотніх патологічних зсувів (морфологічних, функціональних) та загибелі, організми реагують на будь-який зовнішній вплив, у тому числі і токсичний. Після занурення

ставковиків у розчини з концентрацією нижче порогової ніяких змін у їхній поведінці у відповідь на отруєння середовища не відмічено, що відповідає фазі байдужості процесу отруєння. Перша реакція на вплив розчинами іонів важких металів у концентраціях, що визначаються як порогові, полягає у підвищенні рухової активності молюсків. Це зумовлено наявністю нервового зв'язку, котрий з'єднує органи хімічного чуття молюсків (осфрадії) із колюмелярним м'язом та комплексом м'язів ноги [3].

По мірі підвищення концентрації токсичної речовини у відповідь на подразнення у молюсків посилюється секреторна діяльність залозистих клітин, локалізованих у покривах тіла. Слиз товстим шаром вкриває тіло тварин, створюючи певну перепону для дифузії токсиканту із навколишнього середовища у організм. Це швидка захисна фізіологічна реакція. Сильне ослизнення тіла реєструється у переважної більшості тварин протягом перших двох діб експозиції. У подальшому шар слизу, як правило, не потовщується, а в деяких випадках навіть потоншується (внаслідок коагуляції слизу і відшарування його від тіла у вигляді пластівців).

Однією з патологічних реакцій молюсків у відповідь на дію токсикантів є порушення водного балансу. Слабкий та помірного ступеню набряк також можна розглядати як швидку захисну фізіологічну реакцію, скеровану на обмеження дії токсикантів на молюсків внаслідок “розведення” отруйних речовин [7]. Різде збільшення об'єму тіла (у 1,5–2 рази) і зниження тонуусу колюмелярного м'язу не дозволяє тваринам повністю втягнути його всередину мушлі, тому голова та нога вивисають назовні через її устя (реакція випадіння). За межею сублетальних концентрацій, по мірі наближення до концентрацій летальних молюски спочатку прагнуть залишити токсичне середовище (реакція уникнення), а потім їх рухова активність зменшується і вони або майже нерухомо сидять, прикріпившись до стінок акваріумів або, опустившись на його дно, нерухомо лежать, втягнувши тіло у мушлю (об'єм тіла зменшується на 2–3 мм<sup>3</sup>).

**Латентний період** (табл. 3) визначали за візуальними спостереженнями. За концентрації 0,0004 мг/дм<sup>3</sup> іонів міді ознак отруєння молюсків у середовищі не спостерігалось. Перші етологічні реакції у розчинах цього токсиканту мають місце за концентрації 0,004 мг/дм<sup>3</sup>. Ставковики у цих розчинах через 11 год від початку впливу металу за симптомокомплексом поведінкових реакцій відрізнялись від інтактних особин: у них була ослаблена рухова функція, спостерігалось виділення надлишку слизу. За вищих

концентрацій іонів міді, так як і інших досліджуваних іонів важких металів, перші ознаки отруєння виникають тим швидше, чим вищою є концентрація іону металу.

**Таблиця 3.** Показники латентного періоду (год) ставковика озерного за впливу на нього іонів важких металів

Концентрація іонів міді (мг/дм <sup>3</sup> )		400	40	4	0,4	0,04	0,004
Латентний період		0,1	0,5	1	1,75	3,3	11
Концентрація іонів нікелю (мг/дм <sup>3</sup> )		500	50	5	0,5	0,05	0,005
Латентний період		0,1	1	1,4	2	9,5	25,3
Концентрація іонів кобальту (мг/дм <sup>3</sup> )	2000	200	20	2	0,2	0,02	0,002
Латентний період	0,1	0,15	0,7	0,8	1	1,42	10

У розчинах іонів нікелю (діапазон 500–0,005 мг/дм<sup>3</sup>) перші ознаки отруєння з'являються менш стрімко і через більші проміжки часу, ніж за впливу міді.

Таку ж закономірність можна спостерігати по мірі зменшення концентрацій іонів кобальту. У розчинах іонів цього металу за високих концентрацій перші реакції на отруєне середовище з'являються через невеликі проміжки часу від початку досліду. Хоча кобальт за рештою токсикологічних показників характеризується як слабкотоксична речовина, значення латентного періоду вказує на те, що гідробіонти виказують чутливість навіть до дуже невисоких (0,002 мг/дм<sup>3</sup>) концентрацій цього іону у воді. Можливо такі концентрації і не призводять до змін у функціональних системах ставковиків, проте завжди можна спостерігати зміни поведінки молюсків, викликані впливом навіть низьких концентрацій важких металів.

За дії важких металів у концентраціях, що визначаються як летальні (LC<sub>100</sub>), протягом першої доби ставковики переживають фазу враження, що пов'язане з розвитком у них деструктивних процесів на клітинному рівні (деструкція мембран, порушення мембранно-зв'язаних ферментативних процесів та загибель клітин). Протягом 48 год усі особини цієї групи втрачають життєздатність.

Для обраних іонів важких металів встановлено тривалість впливу токсиканту, що призводить до розвитку необоротного отруєння, тобто такого отруєння, за якого тварина не відновлює нормальної життєдіяльності навіть після перенесення її з отруйних концентрацій у

чисту воду. За дії різних концентрацій означених поллютантів отримано такі значення *летального часу* (табл.4):

**Таблиця 4.** Показники летального часу (год) ставковика озерного за впливу на нього іонів важких металів

Концентрація іонів міді (мг/дм <sup>3</sup> )		400	40	4	0,4	0,04	0,004
Летальний час		0,1	0,5	1	10	28,3	35
Концентрація іонів нікелю (мг/дм <sup>3</sup> )		500	50	5	0,5	0,05	
Летальний час		0,7	7,43	18,9	21,5	40	
Концентрація іонів кобальту (мг/дм <sup>3</sup> )	2000	200					
Летальний час	1	30					

Тривалість розвитку необоротного отруєння у розчинах іонів важких металів підлягає загальній закономірності: вона зменшується зі збільшенням концентрації розчину. Однак ступінь інтоксикації ставковиків за дії на них іонів різних металів неоднаковий. За досить високих концентрацій іонів кобальту тривалість розвитку необоротного отруєння підпорядковується тій же закономірності, але діапазони концентрацій (200–2000 мг/дм<sup>3</sup>), у яких моллюски не відновлюють процесів життєдіяльності, на два порядки вищі, ніж у розчинах інших металів, що вказує на слабшу токсичну дію на них кобальту. За показником летального часу ці моллюски виявляються найчутливішими до розчинів міді. За умов перебування у цих розчинах тривалість настання необоротних змін у майже однаковому діапазоні концентрацій у 2 рази менша, ніж у розчинах іонів нікелю. І хоча моллюски досить чутливі до важких металів, на що вказує показник LC<sub>50</sub>, вони до певної межі здатні протистояти впливу означених поллютантів. Однак, виходячи з отриманих даних, можна дійти висновку, що оборотність отруєння моллюсків важкими металами досить незначна: ставковики, перенесені у чисту воду у стані втрати рухливості, майже завжди гинуть.

Досить показовими екотоксикологічними показниками є *летальний середній час* та *час виживання*. Щодо летального середнього часу, то у нашому досліді отримано такі його значення (табл. 5):

**Таблиця 5.** Показники летального середнього часу (год) ставковика озерного за впливу на нього іонів важких металів

Концентрація іонів міді (мг/дм <sup>3</sup> )		400	40	4	0,4	0,04
Летальний середній час		1,25	3,5	10	24,5	45
Концентрація іонів нікелю (мг/дм <sup>3</sup> )		500	50	5	0,5	
Летальний середній час		3	10	17	40	
Концентрація іонів кобальту (мг/дм <sup>3</sup> )	2000	200				
Летальний середній час	2,75	40				

За високих концентрацій іонів міді (діапазон 40–400 мг/дм<sup>3</sup>) 50% молюсків гине у перші три години досліду, що вказує на високу токсичність даного металу. З пониженням концентрації значення летального середнього часу закономірно збільшується, і за концентрації 0,04 мг/дм<sup>3</sup> половина від загальної кількості ставковиків гине через 45 год. У розчинах летальних концентрацій нікелю молюски гинуть також досить швидко (через 3 год). З пониженням концентрації стрімкіше наростають зміни у розчинах цих іонів порівняно з розчинами іонів кобальту. Значення летального середнього часу менші, ніж у розчинах іонів кобальту за такої ж концентрації, що вказує на сильнішу токсичну дію на молюсків саме нікелю. Кобальт належать до групи слабкотоксичних речовин, що чітко видно по значеннях летального середнього часу. У розчинах цього металу молюски гинуть за концентрацій на порядок більших, ніж у розчинах інших досліджуваних металів. А у розчинах, концентрації яких можна порівнювати, бо вони мають один порядок (200 мг/дм<sup>3</sup> кобальту, 400 мг/дм<sup>3</sup> міді та 500 мг/дм<sup>3</sup> нікелю), значення летального середнього часу зростають від 1,5 год у розчинах міді, 3 год у розчинах нікелю до 40 год у розчинах кобальту.

Час, необхідний для розвитку смертельного отруєння ставковиків, менший від летального середнього часу за високих концентрацій токсиканту (у таких розчинах інтоксикація організмів наростає стрімко) і майже вдвічі менший за утримування молюсків у сублетальних концентраціях. Час виживання для піддослідних тварин тим більший, чим менша концентрація токсиканту. Для *L. stagnalis*, підданого дії різних концентрацій іонів важких металів, він такий (табл. 6):



**Таблиця 6.** Показники часу виживання (год) ставковика озерного за впливу на нього іонів важких металів

Концентрація іонів міді (мг/дм <sup>3</sup> )		400	40	4	0,4	0,04
Час виживання		1	2,8	7,7	19,7	40
Концентрація іонів нікелю (мг/дм <sup>3</sup> )		500	50	5	0,5	
Час виживання		2,6	12	28	35	
Концентрація іонів кобальту (мг/дм <sup>3</sup> )	2000	200	20			
Час виживання	2	36	46			

Порівнюючи значення показників часу виживання та летального середнього часу, можна побачити, що після настання фази розвитку смертельного отруєння, загибель 50% тварин в усіх концентраціях токсикантів настає через дуже невеликий проміжок часу. Це вказує на те, що незалежно від величини концентрації розчину будь-якого іону важкого металу, відразу після сприймання токсичного впливу останніх інтоксикація молюсків наростає надзвичайно стрімко, що і призводить до загибелі половини тварин. Отже, молюски досить чутливі до впливу цих поллютантів.

Яскравим показником, що характеризує амплітуду коливання фізіологічного статусу та токсикорезистентності окремих особин у вибірці, є *коефіцієнт витривалості* (КВ). З'ясовано, що його значення тим менші, чим меншою є концентрація токсикантів, тобто тварини до дії менших концентрацій пристосовуються найкраще. За різних концентрацій токсикантів отримано наступні значення коефіцієнту витривалості (табл. 7).

**Таблиця 7.** Коефіцієнт витривалості ставковика озерного за впливу іонів важких металів

Концентрація іонів міді (мг/дм <sup>3</sup> )		400	40	4	0,4
Коефіцієнт витривалості		2,33	2,13	1,42	1,21
Концентрація іонів нікелю (мг/дм <sup>3</sup> )		500	50	5	
Коефіцієнт витривалості		2,59	1,31	1,06	
Концентрація іонів кобальту (мг/дм <sup>3</sup> )	2000				
Коефіцієнт витривалості	4,8				

За малих концентрацій іонів металів неможливо встановити коефіцієнт витривалості, оскільки у таких розчинах відсутня загибель усіх особин до кінця гострого дослідю. І хоча, виходячи зі значення цього показника, можна зробити висновок про краще виживання молюсків у розчинах з меншими концентраціями, амплітуда коливань означеного коефіцієнта дуже незначна, і зміна концентрацій важких

металів мало впливає на значення КВ. Знову, так як і у випадку порівняння летального середнього часу та часу виживання, прослідковується закономірність впливу цих токсикантів на гідробіонтів: з моменту початку токсичного впливу (загибель першої особини) до повної загибелі усіх тварин проміжок часу досить незначний, інтоксикація наростає стрімко. Очевидною є відсутність ефективних природних шляхів протидії важким металам у ставковика, оскільки, якби такі механізми існували, то хоча б у незначній частини вибірки токсикорезистентність до досліджуваних отруйних речовин була би набагато вищою порівняно з іншими особинами. Це призвело б як до збільшення значень самих коефіцієнтів, так і до зростання амплітуди коливань їх за різними концентраціями. Отже ще один аспект небезпеки важких металів для ставковика озерного полягає у тому, що ці молюски у процесі еволюції не виробили достатньо ефективних засобів протидії означеним елементам, і при досягненні певного рівня токсичного ефекту їх у воді не можуть пристосовуватися до них.

При моніторингу рівня забруднення водного середовища важкими металами та вивченні їх впливу на гідробіонтів як показник можна використовувати **коефіцієнт пристосування** (КП). Він свідчить про ступінь адаптації гідробіонтів до дії токсичного чинника. КП залежить від хімічної природи та концентрації отрути: більш вираженою є адаптація до отрут органічної природи і майже зовсім відсутня до речовин неорганічних [12]. Експериментально встановлено (табл. 8), що значення КП найвищі для сильнотоксичних металів і менші для слабкотоксичних. Пояснюється це вищими значеннями летальних концентрацій та більшою різницею між летальними та сублетальними концентраціями для слабкотоксичних важких металів. Стосовно високотоксичних металів помічено, що феномен адаптації ставковиків до отрут носить тимчасовий характер і виражається у підвищенні стійкості організму молюсків до отрути, яка змінюється фазою депресії внаслідок порушення їх адаптаційних механізмів.

**Таблиця 8.** Коефіцієнт пристосування (год) ставковика озерного за впливу іонів важких металів

Іон металу	Коефіцієнт пристосування
Cu <sup>2+</sup>	6
Ni <sup>2+</sup>	1,75
Co <sup>2+</sup>	1

## ВИСНОВКИ

Виходячи з отриманих даних, констатуємо, що згідно сукупності значень основних екотоксикологічних показників, отриманих для *L. stagnalis*, досліджувані полютанти можна поділити на три групи: до високотоксичних належать іони міді, до сильнотоксичних – іони кадмію, до слабкотоксичних – іони кобальту. Слід зазначити, що знання токсикологічних показників є важливими для швидкої оцінки стану середовища за реакціями організмів, які його населяють. Проте, враховуючи здатність важких металів до кумуляції не тільки в біологічному об'єкті, а й у продуктах їх живлення, а також у донних відкладах, слід мати на увазі, що при тривалому надходженні в організм навіть малих кількостей токсиканту може спостерігатися потенціювання, посилення їх впливу. І тоді навіть низькі концентрації полютанту, на які організм не реагує під час короткотривалих гострих експериментів, у хронічному досліді здатні викликати токсичний ефект.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Алексеев В.А. Основные принципы сравнительно-токсикологического эксперимента // Гидробиол. журн. – 1981. – Т. 17, № 3. – С. 92-100.
2. Вишневський В. І. Річки і водойми України. Стан і використання. – К.: Віпол, 2000. – 376 с.
3. Выскушенко Д.А. Реагирование прудовика озерного (*Lymnaea stagnalis* L.) на воздействие сульфата меди и хлорида цинка // Гидробиол. журн. – 2002. – Т. 38, № 4. – С. 86-92.
4. Горовая С.Л., Столярова С.А. Физиолого-биохимические показатели рыб водоемов Белоруссии. – Минск: Наука и техника, 1987. – 157 с.
5. Евтушенко Н.Ю. О комплексном подходе к исследованию гидроэкологического состояния Дуная на основе мониторинга // Вод. ресурсы. – 1993. – Т. 20, № 4. – С. 412-419.
6. Забитівський Ю.М. Мінливість морфологічних показників цьогорічок коропа і активності їх травлення залежно від умов вирощування та за дії важких металів. Автореф. дис. ... канд. біол. наук: спец. 03.00.10. – К., 2002. – 20 с.
7. Кизеветтер И. В. Биохимия сырья водного происхождения. – М.: Пищев. пром-сть, 1971. – 424 с.
8. Кузьменко М.И., Брагинский Л.П., Ковальчук Т.В., Романенко А.В. Гидроэкологический русско-украинско-английский словарь-справочник / Под ред. В.Д. Романенко. – К.: Демиур, 1999. – 262 с.
9. Линник П.Н., Искра И.В. Кадмий в поверхностных водах: содержание, формы нахождения, токсическое действие // Гидробиол. журн. – 1997. – Т. 33, № 6. – С. 72-87.
10. Линник П.Н. Тяжелые металлы в поверхностных водах Украины: содержание и формы миграции // Гидробиол. журн. – 1999. – Т. 35, № 1. – С. 22-42.
11. Малева М.Г., Семашко И.Н., Павлова О.А. Ответные реакции *Ceratophyllum demersum* L. на действие тяжелых металлов ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  и  $\text{Ni}^{2+}$ ) / М. Г. Малева, // Проблемы глобальной и региональной экологии: конф. молодых ученых / ИЭРиЖ УрОАН. – Екатеринбург: Академкнига, 2003. – С. 144-147.

12. Метелев В.В., Канаев А.М., Дзасохова Н.Г. Водная токсикология. – М.: Колос. – 1974. – 247 с.
13. Романенко В.Д., Исаков Е.Ф., Колосова Л.В. Основы гідроекології. – К.: Обереги, 2001. – 728 с.
14. Строганов Н.С. Метод биотестирования качества вод с использованием дафний // Методы биоиндикации и биотестирования природных вод. – Л., 1987. – № 1, – С. 5-12.
15. Флеров Б.А. Эколого-физиологические аспекты токсикологии пресноводных животных. – Л. : Наука, 1989. – 140 с.
16. Khangarot B.S., Ray P.K. Sensitivity of freshwater pulmonate snails, *Lymnaea luteola* L., to heavy metals // Bull. Environ. Contam and Toxicol. – 1988. – 41, №2. – P. 202-213.
17. Malacea Ion Arch. Anthropogenic emissions of heavy metals to the hydrosphere // Hydrobiol. – 1968. – 65, N 1. – P. 79-92.
18. Matsui S. Movement of toxic substances through bioaccumulation // Guidelines of lake management. – 1991. – 4. – ILEC / UNEP. – P. 27-41.
19. Radhakrishnaiah K. Effect of cadmium on the freshwater mussel, *Lamellideus marginalis* (Lamarck). A physiological approach // J. Environ. Biol. – 1988. – 9, №2, Suppl. – P. 73-78.
20. Heavy metal toxicity to some freshwater organisms / Subbaiah M., Balaven Kata, Naidu K. Akhilender, Purushotham K.R., Ramamurthi R. // Geobios. – 1983. – 10, №3. – P. 128-129.

**Т.В. Пинкина**

### **ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРУДОВИКА ОЗЕРНОГО ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НА НЕГО ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ВОДНОЙ СРЕДЫ**

**Ключевые слова:** прудовик озерный, тяжелые металлы, экотоксикологические показатели.

В условиях все возрастающего загрязнения окружающей среды среди других поллютантов на одно из первых мест выходят ионы тяжелых металлов. На сегодняшний день ежегодное поступление многих тяжелых металлов в гидросферу в несколько раз превышает поступление из естественных источников.

Не вызывает сомнений актуальность исследования влияния этих поллютантов на гидробионтов с целью внедрения полученных результатов в систему экологического мониторинга. Удобным объектом для токсикологических исследований может быть вторичноводный легочной моллюск – прудовик *Lymnaea stagnalis* (Linné, 1758).

В результате проведенных исследований установлены основные экотоксикологические характеристики прудовика озерного при влиянии на него разных концентраций ионов меди, никеля и кобальта. Установлены значения 13 основных экотоксикологических показателей для *L. stagnalis* при воздействии на него ионов тяжелых металлов. Исследована оборотность отравления моллюсков разными концентрациями этих токсикантов. Установлено, что возобновление утраченных функций осуществляется в обратном порядке. Определены степени токсичности исследуемых ионов: высокотоксичные – ионы меди, сильнотоксичные – никеля, слаботоксичные – ионы кобальта.

T.V. Pinkina

**ECOTOXICOLOGICAL CHARACTERISTICS OF LYMNAEA STAGNALIS UNDER THE IMPACT OF HEAVY METALS IN THE WATER ENVIRONMENT**

**Key words:** *Lymnaea stagnalis*, heavy metals, ecotoxicological indices.

Under growing environmental pollution heavy metal ions are becoming one of the major pollutants. Today the annual anthropic entry of many heavy metals into the hydrosphere is several times more than their entry from natural sources.

The topicality of research into the influence of such pollutants on hydrobionts with the aim of introducing the research results to the ecological monitoring system is beyond doubt. *Lymnaea stagnalis* (Linné, 1758), a secondary-aquatic lung pond mollusc, can be a suitable object for toxicological investigations.

The fundamental ecotoxicological indices of *Lymnaea stagnalis* affected by various concentrations of  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  and  $\text{Co}^{2+}$ , the ranges of toxicant concentrations as well as the degrees of toxicity of the ions under study have been determined.

13 main ecotoxicological indices for *Lymnaea stagnalis* affected by heavy metal ions are obtained. Reversibility of *Lymnaea stagnalis* poisoning with different heavy metals is considered.