

# Біологія

УДК 574.64:594.38

А. П. Стадниченко

д. б. н.

Житомирський державний університет

Т. В. Пінкіна

Державний ароекологічний університет

## ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАВКОВИКА ОЗЕРНОГО ЗА ДІЇ НА НЬОГО ХЛОРИДУ КАДМІЮ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

*Встановлено значення 11 основних екотоксикологічних показників для ставковика озерного при дії на нього 0,01–1000 мг/дм<sup>3</sup> хлориду кадмію та впливу зараження трематодами. Досліджено зворотність отруєння молюсків різними концентраціями даного токсиканту. Встановлено, що відновлення втрачених функцій відбувається у зворотному порядку.*

### Постановка проблеми

У наш час повсюдно здійснюється несприятливий антропогенний вплив на навколишнє середовище. 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 вкрай негативної екологічної ситуації, яка пов'язана з поступанням забруднюючих речовин у поверхневі та підземні води. У Західному регіоні України техногенний вплив на річкові басейнові системи призводить до порушення динамічної рівноваги ландшафтних комплексів, внаслідок чого не забезпечується підтримання стабільно сприятливої екологічної ситуації [4].

Серед різноманітних забруднюючих речовин поверхневих вод суходолу однією із найбільш екологічно небезпечних груп є сполуки важких металів [2, 5–7, 9, 12]. 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.

Останнім часом гострою стала проблема проведення біологічного моніторингу стану навколишнього середовища. Вирішення проблеми екологічного нормування вмісту забруднюючих речовин у водних екосистемах частково визначене Водним кодексом України (1995), яким уведено поняття екологічного нормативу якості води водних об'єктів. Обґрунтування даного нормативу, що містить значення концентрації забруднюючих речовин, у тому числі й металів, у воді водних об'єктів – актуальне завдання гідробіології. Екологічні нормативи можуть бути значно жорсткішими, ніж санітарно-гігієнічні і не можуть бути вище

---

© А. П. Стадниченко, Т. В. Пінкіна

останніх, які визначають людину як найбільш чутливий компонент біоти. Але деякі біологічні види більш чутливі до певних токсикантів, ніж людина. Система ГДК припускає, що токсична речовина у малих концентраціях нешкідлива, що, зокрема, у випадку з йонами важких металів, не завжди відповідає дійсності.

Контроль якості води традиційно проводиться хімічними методами, але, на жаль, далеко не всі забруднюючі речовини та сполуки можуть бути виявлені у пробах води, оскільки вони часто мають низькі концентрації, їх кількість велика і швидкоростуча, а можливість аналітичних методів контролю і операторів обмежені, тому стає необхідною оцінка потенційної біологічної небезпеки забруднення природних вод. Цій меті може служити токсикологічний контроль із застосуванням методів біотестування. У наш час біотестування вод – один із напрямків, який бурхливо розвивається. Експериментальне вивчення якості природного середовища методом біотестування поряд із традиційними польовими спостереженнями за гідрохімічними та гідробіологічними режимами водою привертає все більшу увагу дослідників. За допомогою цих методів може бути дана інтегральна оцінка впливу забруднюючих речовин. Системи ГДК та біотестування повинні застосовуватися сумісно. При біотестуванні біологічний об'єкт (тест-об'єкт) використовується як деякий датчик для оцінки токсичності забруднюючих водне середовище речовин. Жоден із хімічних методів не може бути чутливішим за живий організм. Методи біоіндикації цікаві через їх “прогностичну” сутність, оскільки вони дозволяють не тільки зафіксувати факт порушення природного середовища, але й отримати оцінку можливих наслідків, відкривають можливість діагностики змін у житті даного біоценозу.

У проведенні еколого-токсикологічного моніторингу складною проблемою є вибір серед багатьох видів організмів найбільш репрезентативних і досить чутливих. Види-індикатори повинні мати широке географічне розповсюдження, бути численними, добре дослідженими екологічно, генетично одноманітними, їх роль в екосистемах повинна бути добре відома. Як організми-монітори для оцінки забруднення водних екосистем запропоновано використовувати безхребетних (зокрема, моллюсків), які широко розповсюджені, ведуть прикріплений або малорухливий спосіб життя, живуть на мілинах, легко добуваються та відгукуються на зміни у хімічних властивостях середовища змінами мінеральних компонентів своїх тканин. Як індикаторний організм може застосовуватися червоногий моллюск ставковик озерний. Цей моллюск є одним із найпоширеніших компонентів гідробіоценозів Українського Полісся і складає значну частину їх біофонду.

Біотестування природних вод здійснюється на основі експериментальної оцінки реакцій гідробіонтів на токсичні впливи [10]. Відносна простота реалізації багатьох біотестів, їх експресивність, висока чутливість і, саме головне, можливість отримувати за їх допомогою інформацію, яку не

можуть дати традиційні методи аналізу, – роблять біотестування незамінними елементами контролю та попередження забруднення.

Останнім часом ведеться пошук тест-реакцій організмів-моніторів, що характеризують їх життєдіяльність при взаємодії із токсикантами. Із цих реакцій, у залежності від хімічної природи токсиканта, вибирають ті, які володіють найбільш адекватною мірою індукованого ефекту. Серед них слід окремо виділити встановлення основних токсикологічних показників, які дають змогу виявити ті межі, за якими буде порушена біологічна або господарська норма. На жаль, досить часто дослідники обмежуються визначенням лише частини цих показників, що не дає повної картини реагування гідробіонтів на токсичний вплив.

*Аналіз публікацій.* У науковій літературі наводяться розрізнені дані щодо деяких токсикологічних показників (у основному це  $LC_0$ ,  $LC_{50}$  та  $LC_{100}$ ) для різних груп гідробіонтів [3, 5, 7, 10]. Проте значення основних екотоксикологічних показників для ставковика озерного за впливу на нього хлориду кадмію водного середовища відсутні. Ці відомості необхідні для опрацювання універсальної системи оцінки ступеня забруднення природних вод йонами важких металів та для використання ставковика озерного як тест-об'єкта у системі біологічного моніторингу.

*Завдання дослідження* – встановити значення основних токсикологічних показників для ставковика озерного, якого помістили в розчини різних концентрацій хлориду кадмію водного середовища та дослідити зворотність отруєння цих молюсків різними концентраціями даного токсиканту.

*Об'єкт дослідження* – 78 однорозмірних (висота черепашки 38,5–41,3 мм) екземплярів ставковика озерного *L. stagnalis*, зібраного вручну та за допомогою сачка у травні-червні 2004 р. у басейні Середнього Дніпра (р.Тетерів, 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>. Токсикант – хлорид кадмію 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 дослідженню передував дослід орієнтовний, призначений для підбору концентрацій, необхідних для основного дослідження [1]. Дію на молюсків токсичного середовища встановлювали за допомогою різних концентрацій хлориду кадмію в інтервалі від 0,01 до 1000 мг/дм<sup>3</sup> (0,01; 0,1; 1; 10; 100; 1000). Максимальний час витримування молюсків у цих розчинах – 48 год.

У результаті проведеного експерименту отримано значення таких основних екотоксикологічних показників: недіючі, сублетальні та летальні

концентрації –  $LC_0$ ,  $LC_{50}$ ,  $LC_{100}$ ; 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 особин, які загинули.

Для виявлення трематодної інвазії у тварин, що загинули, з тканин гепатопанкреаса виготовляли тимчасові гістологічні препарати, які піддавали мікроскопуванню.

Коефіцієнт витривалості обчислювали для кожної із застосованих концентрацій хлориду кадмію за формулою:

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

де  $E_k$  – час, за який загинули усі піддослідні тварини;

$E_n$  – час, через який загинула перша тварина [3].

Коефіцієнт пристосування визначали за методикою І. Мелесі [11]. Молюсків витримували у розчинах сублетальних концентрацій хлориду кадмію протягом двох діб. Після цього піддослідних та контрольних тварин поміщали у розчини летальних концентрацій цього токсиканту. Різниця у часі загибелі піддослідних та контрольних молюсків давала коефіцієнт пристосування у піддослідних тварин.

### Результати досліджень та їх обговорення

У результаті дослідження одержано такі відомості щодо впливу хлориду кадмію на ставковика озерного:  $LC_0$  становить  $0,1 \text{ мг/дм}^3$ ;  $LC_{100}$  –  $10 \text{ мг/дм}^3$ ;  $LC_{50}$  –  $4 \text{ мг/дм}^3$ . Отримані дані вказують на те, що солі кадмію є надзвичайно токсичними для гідробіонтів. Зокрема, хлорид кадмію спричиняє специфічну токсичну дію, що проявляється спочатку у зміні етології ставковиків (підвищення або пригнічення рухової активності в залежності від концентрації токсиканту, реакція випадіння, втягування тіла в черепашку), а потім швидкі фізіологічні захисні реакції у молюсків підданих дії токсиканту (ослизнення тіла, обводнення тканин). За відносно невисоких концентрацій хлориду кадмію ( $10 \text{ мг/дм}^3$ ) протягом 48 год експозиції загинули усі піддослідні тварини.

**Ступінь токсичності** становить  $4 \text{ мг/дм}^3$ . Це також вказує на те, що хлорид кадмію є високотоксичною речовиною (за шкалою токсичності речовин для тваринних організмів, запропонованою В. В. Метелевим, А. І. Канаєвим, І. Г. Дзасоховою) [8].

Сташковик озерний проявляє перші поведінкові реакції на дію токсиканту за **порогових концентрацій**, які у нашому експерименті становили  $0,01 \text{ мг/дм}^3$ .

**Латентний період** різний за різних концентрацій токсиканту:

Концентрація токсиканту (мг/дм <sup>3</sup> )	1000	100	10	1	0,1	0,01
Латентний період (хв, год)	5 хв	8 хв	15 хв	1 год 27 хв	2 год 15 хв	25 год 40 хв

За концентрацій 0,001 та 0,0001 мг/дм<sup>3</sup> ознак отруєння не спостерігається. З вищенаведених даних видно, що чим вище концентрація токсиканту, тим меншим є латентний період.

Значення **летального часу** для *L. stagnalis* за дії різних концентрацій хлориду кадмію такі:

Концентрація токсиканту (мг/дм <sup>3</sup> )	1000	100	10	1	0,1	0,01
Летальний час (хв, год)	23 хв	28 хв	40 хв	25 год 35 хв	28 год 20 хв	44 год 15 хв

За високих концентрацій токсиканту необоротні зміни настають швидше і тварини навіть після короткотривалого перебування у цих розчинах не відновлюють нормальну життєдіяльність навіть після перенесення їх у чисту воду.

Щодо **летального середнього часу** у нашому досліді отримано такі значення:

Концентрація токсиканту (мг/дм <sup>3</sup> )	1000	100	10	1
Латентний середній час (хв, год)	4 год 33 хв	10 год	17 год	45 год

Слід зазначити, що всі тварини, що загинули за цей час, були заражені трематодами.

**Коефіцієнт витривалості (КВ)** є яскравим показником, що характеризує амплітуду коливання фізіологічного статусу та токсикорезистентності організмів у вибірці. Нами отримані такі значення КВ:

Концентрація токсиканту (мг/дм <sup>3</sup> )	1000	100	10
Коефіцієнт витривалості	4,62	2,08	1,55

Коефіцієнт витривалості тим менший, чим меншою є концентрація токсиканту. Ефективність пристосування до важких металів у вторинноводних легеневих молюсків знаходиться у прямій залежності від концентрації токсиканту в середовищі. Отже, найкраще виживають тварини у найменших концентраціях, гірше – у вищих, а це, очевидно, свідчить про те, що гідробіонти у процесі еволюції не виробили достатньо ефективних засобів протидії цим хімічним елементам і при досягненні певного рівня токсичного ефекту їх у воді не можуть пристосуватися до них.

**Час виживання** для ставковика озерного, підданого дії різних концентрацій хлориду кадмію, такий:

Концентрація токсиканту (мг/дм <sup>3</sup> )	1000	100	10	1	0,1
Час вживання (год)					
- для інвазованих особин	1 год 56 хв	5 год 47 хв	12 год 15 хв	33 год 3 хв	>
- для неінвазованих особин	2 год 30 хв	7 год 40 хв	15 год 20 хв	42 год	47 год

Відповідно до отриманих даних, час виживання для заражених та незаражених трематодами моллюсків тим більший, чим менша концентрація токсиканту. Для інвазованих тварин час виживання є порівняно меншим. Трематодна інвазія ускладнює перебіг патологічного процесу, викликаного отруєнням токсикантами моллюсків-хазяїв. Інвазовані партенітами та личинками трематод тварини значно швидше піддаються дії токсиканту порівняно з неінвазованими особинами. При генеральному ураженні гепатопанкреасу суттєво пригнічується життєдіяльність організму і скоріше настає загибель моллюсків.

**Коефіцієнт пристосування** у нашому експерименті становив 1 год 45 хв.

На перший погляд, отримані дані щодо коефіцієнту пристосування є мало показовими. Проте провівши паралельні дослідження щодо встановлення цього показника для ставковика озерного у розчинах інших солей важких металів та порівнявши їх між собою можна говорити про ступінь пристосування цього організму до дії різних забруднювачів.

З'ясовано, наприклад, що коефіцієнт пристосування *L. stagnalis* за впливу хлориду міді становить 6 год, хлориду нікелю – 4 год 30 хв, хлориду марганцю – 1 год, хлориду цинку – 50 хв, а хлориду кобальту – усього 25 хв.

Тварин, які вижили після 48-годинного перебування у розчинах різних концентрацій хлориду кадмію, переносили у чисту воду, щоб прослідкувати – чи зможуть у них відновитися порушені у результаті інтоксикації функції. Оборотноість отруєння мала місце у 63 % особин, що пережили затруєння середовища хлоридом кадмію у концентраціях 0,001 та 0,1 мг/дм<sup>3</sup>. За більших концентрацій токсиканта (1 і 10 мг/дм<sup>3</sup>) вона спостерігалася у значно меншій кількості (24–29 %) піддослідних тварин. Відновлення порушених функцій щодо прямого розвитку інтоксикації хлоридом кадмію відбувалася у зворотному порядку. Функції, котрі порушувалися у першу чергу, відновлювалися, звичайно, останніми.

### Висновки

Прісноводні легеневі моллюски *L. stagnalis* реагують на забруднення водою хлоридом кадмію і можуть виступати як тест-об'єкти. Даний токсикант для ставковика озерного є речовиною високотоксичною, до якої у нього не вироблено механізмів протидії. Моллюски не можуть пристосуватися до токсичного впливу високих (10–1000 мг/дм<sup>3</sup>) концентрацій хлориду кадмію. Зниження значення коефіцієнта пристосування з підвищенням концентрації цього токсиканту та низький відсоток організмів, у яких отруєння носить оборотний характер можна використати при застосуванні нашого об'єкта як біоіндикатора рівня забрудненості прісноводних гідроценозів.

**Перспективи подальших досліджень** мають бути зосереджені на вирішенні проблеми зміни динаміки основних екотоксикологічних показників за впливу йонів важких металів протягом тривалого часу. Доцільним є проведення хронічних дослідів, що дозволить достовірніше прогнозувати зміни бентичних біоценозів з плином часу за дії даних токсикантів.

---

---

### Література

---

---

1. *Алексеев В. А.* Основные принципы сравнительно-токсикологического эксперимента // Гидробиол. журн. – 1981. – 17, № 3. – С. 92–100.
  2. *Вишневський В. І.* Річки і водойми України. Стан і використання. – К.: Віпол, 2000. – 376 с.
  3. *Китаев С. П., Калениченко Л. Т.* Устойчивость и чувствительность гидробионтов к действию промышленных сточных вод сульфат-целлюлозного завода // Матер. VII медико-биолог. конф., Петрозаводск, 1974. – С. 257–260.
  4. *Ковальчук І. І.* Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз. – Львів: Місіонер, 1997. – 438 с.
  5. *Линник П. Н., Искра И. В.* Кадмий в поверхностных водах: содержание, формы нахождения, токсическое действие // Гидробиол. журн. – 1997. – 33, № 6. – С. 72–87.
  6. *Линник П. Н.* Тяжелые металлы в поверхностных водах Украины: содержание и формы миграции // Там же. – 1999. – 35, № 1. – С. 22–42.
  7. Ответные реакции *Seratophyllum demersum* L. на действие тяжелых металлов ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  и  $\text{Ni}^{2+}$ ) / *Малева М. Г., Семашко И. Н., Павлова О. А., Некрасова Г. Ф.* // Проблемы глобальной и региональной экологии: Матер. конф. молодых ученых / ИЭРиЖ УрОАН. – Екатеринбург: Академкнига, 2003. – С. 144–147.
  8. *Метелев В. В., Канаев А. М., Дзасохова Н. Г.* Водная токсикология. – М.: Колос, 1974. – 247 с.
  9. *Романенко В. Д.* Основы гідроекології: Підручник. – К.: Обереги, 2001. – 728 с.
  10. *Стадниченко А. П., Сластенко Н. Н., Куркчи Л. Н.* Роль антропогенных загрязнений в нарушении гомеостаза у пресноводных моллюсков. – К., 1995. – 8 с. – Рукопись деп. В ГНТБ України, № 1314 – УК 95.
  11. Malacea Ion Arch. Anthropogenic emissions of heavy metals to the hydrosphere // Hydrobiol. – 1968. – 65, N 1. – Pp. 79–92.
  12. *Matsui S.* Movement of toxic substances through bioaccumulation // Guidelines of lake management. – 1991. – 4. – ILEC / UNEP. – Pp. 27–41.
- 
-