

Державний агроекологічний університет

**РЕАГУВАННЯ РЕПРОДУКТИВНОЇ СИСТЕМИ СТАВКОВИКА ОЗЕРНОГО  
НА ВПЛИВ РІЗНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ХЛОРИДУ МІДІ**

*Досліджено вплив хлориду міді (гостролетальні концентрації – 10–1 мг/дм<sup>3</sup>; хронічні летальні –  $1 \cdot 10^{-1}$ – $1 \cdot 10^{-2}$  мг/дм<sup>3</sup>; витримувані –  $1 \cdot 10^{-3}$ – $1 \cdot 10^{-6}$  мг/дм<sup>3</sup>; підпорогові концентрації – $1 \cdot 10^{-7}$ – $1 \cdot 10^{-8}$  мг/дм<sup>3</sup> і нижче) на особливості репродукції та розвитку легеневого молюска ставковика озерного.*

**Постановка проблеми**

Сучасний стан розвитку науки і техніки, промислового виробництва й сільського господарства гостро ставить перед людиною проблему антропічного забруднення навколишнього середовища. Обсяг викидів шкідливих речовин у повітря, воду, ґрунт зростає; змінюється їх якісний

---

© Т. В. Пінкіна

склад. Серед токсикантів різної хімічної природи особливу небезпеку для гідробіонтів являють важкі метали, зокрема, мідь. Основними джерелами її надходження у внутрішні водойми України є стічні води підприємств хімічної та металургійної промисловості, а також сільськогосподарський стік з угідь, на яких застосовуються мідь-вмісні засоби захисту рослин. У прісних водах валовий вміст міді, яка представлена в основному двохвалентними сполуками, коливається у широких межах: від декількох мікрограмів до десятків і навіть сотень мікрограмів у 1 л [1]. Як мікроелемент мідь має надзвичайно велике значення в життєдіяльності гідробіонтів [2]. З одного боку, в мікрокількостях мідь входить до складу ферментативних систем і відіграє важливу роль в процесах життєдіяльності гідробіонтів, а з іншого – її надлишок в середовищі має токсичний вплив на гідробіонтів. Питання токсикології прісноводних молюсків, якими займається малакотоксикологія, досліджені ще вкрай недостатньо. Зокрема, в науковій літературі відсутні відомості щодо впливу хлориду міді на особливості розмноження молюсків. Для часткового усунення цієї прогалини було досліджено процес розмноження та зміни, котрі відбуваються у здійсненні репродуктивної функції молюсків за впливу на них різних концентрацій хлориду міді. Моніторинг рівня концентрації важких металів, зокрема міді, в водних екосистемах на основі аналізу вмісту в абіотичних середовищах не дає повної уяви про ступінь забруднення контролюємих водних екосистем [3], тому дані дослідження є актуальними з огляду на те, що можуть бути використані при біотестуванні екологічного моніторингу вод.

*Завдання досліджень* – встановити діапазони хронічних летальних, витримуваних та підпорогових концентрацій хлориду міді для легеневого молюска ставковика озерного і дослідити реакцію репродуктивної системи цих тварин на різні рівні інтоксикації даним політантом.

*Об'єкти та методика досліджень.* Як об'єкт дослідження обрано ставковика озерного *Lymnaea stagnalis* (Linné, 1758) – одного з найзвичайніших представників прісноводної малакофауни України.

У дослідах використано 90 екз. *L. stagnalis*, зібраного у ріпалі р.Тетерів (правий доплив Середнього Дніпра) в околицях Житомира (Центральне Полісся) у травні-червні 2002 р.

У токсикологічному експерименті як токсикант використано хлорид міді (ч.д.а). Усі застосовані у дослідах розчини готували на дехлорованій відстоюванням (протягом доби) воді з житомирської водогінної мережі. Тривалість досліду – 70 діб.

Основному досліду передував дослід орієнтаційний, яким встановлено значення основних токсикологічних показників обговорюваного токсиканту для ставковика озерного: гостролетальні концентрації – 10–1 мг/дм<sup>3</sup>; хронічні летальні – 1•10<sup>-1</sup>–1•10<sup>-2</sup> мг/дм<sup>3</sup>; витримувані – 1•10<sup>-3</sup>–1•10<sup>-6</sup> мг/дм<sup>3</sup>; підпорогові концентрації – 1•10<sup>-7</sup>–1•10<sup>-8</sup> мг/дм<sup>3</sup> і нижче.

У лабораторії задля отримання кладок яєць і здійснення тривалих спостережень за розмноженням і розвитком молюсків по 5 екз. уміщали у скляні 3-літрові ємності. Ставковикам як корм давали листя кульбаби. Із субстрату кладки знімали скальпелем або м'якою щіточкою. Вивчення та вимірювання синкапсул та їх елементів проводили за допомогою мікроскопу МБС-1. Довжину яйцевих капсул вимірювали по внутрішній капсульній мембрані. Молодь переносили у скляні ємності у першу-третю доби після виходу з синкапсул. Цифрові результати дослідів оброблено методами варіаційної статистики за Г. Ф. Лакіним [3].

### Результати досліджень

Вивчення екології ставковиків і, зокрема, процесів, пов'язаних із їх розмноженням, передбачає дослідження багатьох сторін їх життєдіяльності як у природі, так і в лабораторних умовах. У досліді було встановлено, що на особливості репродукції *L. stagnalis* впливає забруднення середовища хлоридом міді і виявлено деякі загальні закономірності реагування репродуктивної системи молюсків на різні концентрації цього токсиканту. Це дозволило охарактеризувати тенденції змін в організмі молюсків за різних рівнів інтоксикації.

У процесах розмноження прісноводних легеневих молюсків особливе місце займає копуляція [4]. Поведінка молюсків при спарюванні досить своєрідна. В розчинах високих концентрацій полютанту ( $1 \text{ мг/дм}^3$ ) спарювання не спостерігається. Молюски інтенсивно виділяють слиз, пригнічена їх харчова та рухова активність і через 2 доби вони гинуть. В розчинах хлориду міді за хронічних летальних концентрацій ( $0,1 \text{ мг/дм}^3$ ) відбувається парування, але тривалість його в середньому вдвічі коротша, ніж у молюсків, що утримувалися в чистій воді. Встановлено, що в розчинах токсиканта за концентрації  $1 \cdot 10^{-5} \text{ мг/дм}^3$  спостерігається стимулювання статевої функції молюсків, вони більш рухливі, активно шукають партнерів, відбувається копуляція не тільки переважно вночі (як у контролі), але і вдень. При невеликих концентраціях хлориду міді ( $1 \cdot 10^{-8} \text{ мг/дм}^3$ ), які являються підпороговими, статеву поведінку ставковиків не відрізняється від такої в контролі.

У *L. stagnalis* кладки яєць (синкапсули) являють собою слизові мішечки із заключеними всередині більш чи менш численними (44–171) яйцевими капсулами. В першу годину кладки бувають клейкими і непрозорими, погано знімаються із субстрату. У ставковиків, що знаходяться у розчині хлориду міді за концентрації  $0,1 \text{ мг/дм}^3$  у перші години після овіпозиції відбувається значне набрякання вмістимого синкапсули (при незначному в контролі), кладки дещо подовжуються, яйцеві капсули розсуваються. Кількість відкладених капсул майже вдвічі менша, ніж у контролі (за

однаковий проміжок часу). Довжина яйцевих капсул зменшується порівняно з контролем незначно (табл. 1).

Таблиця 1. Вплив хлориду міді на довжину синкапсул та яйцевих капсул *Lymnaea stagnalis*

| Довжина синкапсули, мм         |           |                    |       |       | Довжина капсули, мм |           |                    |      |       |
|--------------------------------|-----------|--------------------|-------|-------|---------------------|-----------|--------------------|------|-------|
| n                              | lim       | M ± m <sub>M</sub> | σ     | V     | n                   | lim       | M ± m <sub>M</sub> | σ    | V     |
| Контроль                       |           |                    |       |       |                     |           |                    |      |       |
| 40                             | 21,8–42,3 | 32,86±0,92         | 5,81  | 17,68 | 40                  | 1,27–1,61 | 1,37±0,01          | 0,09 | 6,25  |
| 0,000000001 мг/дм <sup>3</sup> |           |                    |       |       |                     |           |                    |      |       |
| 18                             | 22,6–45,3 | 34,36±2,62         | 7,13  | 20,75 | 18                  | 0,98–1,51 | 1,30±0,07          | 0,18 | 14,18 |
| 0,000001 мг/дм <sup>3</sup>    |           |                    |       |       |                     |           |                    |      |       |
| 16                             | 18,9–40,1 | 27,7±5,14          | 12,59 | 46,51 | 16                  | 1,04–1,48 | 1,27±0,06          | 0,14 | 11,04 |
| 0,1 мг/дм <sup>3</sup>         |           |                    |       |       |                     |           |                    |      |       |
| 22                             | 18,9–46,4 | 36,6±1,87          | 8,76  | 23,90 | 22                  | 1,22–1,47 | 1,32±0,01          | 0,07 | 5,09  |

У розчинах хлориду міді концентрацією 0,1 мг/дм<sup>3</sup> розмноження триває увесь час, аж до загибелі моллюсків (на 45 добу). Це вказує на стимулюючий вплив цієї концентрації на репродуктивну здатність ставковиків. У розчинах же менших концентрацій спостерігається явне пригнічення статевої функції, що детальніше розглядається нижче. Однак стимуляція ця є однобічною, тобто направленою лише на репродуктивну систему. Всі інші системи організму ставковиків за цих обставин пригнічені, і це впливає на тривалість їхнього виживання у розчинах токсиканту. В яйцевих капсулах спостерігаються досить часті та значні тератогенні порушення: по 2–4 яйцеклітини в одній яйцевій капсулі, порожні капсули, яйцеклітини поза капсулами, порушення спіралізації всередині синкапсул. Кладки, які нормально розвинулися, дають в 1,2 раза менший відсоток вилуплення молоді, ніж у контролі (табл. 2), 17 % усіх відкладених кладок завмирають. Молодь у розчині токсиканту народжується менших розмірів, ніж у контролі (табл. 3).

Таблиця 2. Вплив хлориду міді на вилуплення молоді у *Lymnaea stagnalis*

| Кількість капсул, екз.         |        |                    |       |       | Кількість вилуплених, екз. |        |                    |       |       | % вилуплення |           |                    |       |       |
|--------------------------------|--------|--------------------|-------|-------|----------------------------|--------|--------------------|-------|-------|--------------|-----------|--------------------|-------|-------|
| n                              | lim    | M ± m <sub>M</sub> | σ     | V     | n                          | lim    | M ± m <sub>M</sub> | σ     | V     | n            | lim       | M ± m <sub>M</sub> | σ     | V     |
| Контроль                       |        |                    |       |       |                            |        |                    |       |       |              |           |                    |       |       |
| 40                             | 44–171 | 94,88 ± 4,7        | 29,67 | 31,27 | 40                         | 10–106 | 55,95 ± 4,11       | 25,97 | 46,41 | 40           | 21,3–98,9 | 58,9 ± 3,67        | 23,21 | 39,40 |
| 0,000000001 мг/дм <sup>3</sup> |        |                    |       |       |                            |        |                    |       |       |              |           |                    |       |       |
| 18                             | 13–69  | 45,25 ± 7,52       | 21,26 | 46,98 | 18                         | 7–47   | 25,13 ± 5,03       | 14,23 | 56,65 | 18           | 44,9–71,2 | 53,39 ± 3,18       | 8,99  | 16,84 |
| 0,000001 мг/дм <sup>3</sup>    |        |                    |       |       |                            |        |                    |       |       |              |           |                    |       |       |
| 16                             | 31–75  | 59,83 ± 6,03       | 14,77 | 24,68 | 16                         | 18–56  | 25,20 ± 2,82       | 6,91  | 27,42 | 16           | 28,2–75,7 | 45,92 ± 4,31       | 10,56 | 22,99 |
| 0,1 мг/дм <sup>3</sup>         |        |                    |       |       |                            |        |                    |       |       |              |           |                    |       |       |
| 22                             | 15–    | 66,05 ±            | 24,58 | 37,22 | 22                         | 4–79   | 33,36 ±            | 19,54 | 58,57 | 22           | 20,2–     | 49,11 ±            | 17,62 | 35,89 |

|  |     |      |  |  |  |      |  |  |      |      |  |  |
|--|-----|------|--|--|--|------|--|--|------|------|--|--|
|  | 115 | 5,24 |  |  |  | 4,17 |  |  | 76,7 | 3,76 |  |  |
|--|-----|------|--|--|--|------|--|--|------|------|--|--|

У розчинах токсиканту концентрацією  $1 \cdot 10^{-5}$  мг/дм<sup>3</sup> молюски активні протягом усього досліду, проте показники розмноження дорослих особин та ембріонального розвитку вказують на послаблення стимулюючого впливу хлориду міді при зменшенні концентрації, а за деякими показниками спостерігається і явне пригнічення. На фоні нормальної рухової та кормової поведінки ставковиків у них в 2,5 рази зменшується число відкладених синкапсул, меншою є довжина яйцевих капсул (табл. 1). В яйцевих капсулах, так як і в розчинах попередньої концентрації, спостерігаються значні тератогенні порушення (відсутність, або порушення спіралізації всередині синкапсули, збільшення кількості яйцеклітин в яйцевій капсулі, порожні капсули), що в решті решт впливає на відсоток вилуплення, який є в 1,3 рази нижчим, ніж у контролі, проте молодь, що вилупилася, має більші розміри (табл. 2, 3). Молодь за цих концентрацій токсиканту гине швидше, ніж за більш високих концентрацій. Отримані дані вказують на те, що навіть слідові кількості хлориду міді у воді негативно впливають на організм ставковиків, викликаючи зміни у репродуктивній системі та деякі інші, що знижує виживання у токсичному середовищі дорослих особин та життєздатність молоді.

Таблиця 3. Вплив хлориду міді на висоту черепашки молоді *Lymnaea stagnalis*

| Довжина черепашки, мм       |           |                    |      |      |
|-----------------------------|-----------|--------------------|------|------|
| n                           | lim       | M ± m <sub>M</sub> | σ    | V    |
| Контроль                    |           |                    |      |      |
| 40                          | 1,35–1,78 | 1,58 ± 0,02        | 0,11 | 6,66 |
| 0,000001 мг/дм <sup>3</sup> |           |                    |      |      |
| 18                          | 1,45–1,61 | 1,52 ± 0,02        | 0,05 | 3,56 |
| 0,001 мг/дм <sup>3</sup>    |           |                    |      |      |
| 16                          | 1,48–1,61 | 1,54 ± 0,02        | 0,04 | 0,77 |
| 1 мг/дм <sup>3</sup>        |           |                    |      |      |
| 22                          | 1,33–1,65 | 1,42 ± 0,02        | 0,07 | 5,17 |

У молюсків, поміщених у середовище, затруєне  $1 \cdot 10^{-8}$  мг/дм<sup>3</sup> хлориду міді, всі основні функції організму, в тому числі і репродуктивна, реєструються на рівні контролю. І хоча у цьому середовищі кількість яйцевих капсул у синкапсулах є меншою, ніж у контролі, це не впливає на відсоток вилуплених екземплярів. Основні показники розмноження (довжина синкапсул, яйцевих капсул, відсоток вилуплення молоді, її лінійні розміри) не відрізняються від отриманих у контролі (табл. 1–3). Цю концентрацію можна лише умовно назвати недіючою, бо слід враховувати той факт, що йони важких металів не розкладаються з часом, а потрапляючи в організм молюсків, здатні накопичуватися в ньому, постійно зберігаючи при цьому здатність до токсичного впливу. Тому важливо приймати до уваги, що навіть невисокі концентрації поллютанта, які спочатку виділяються як підпорогові, у міру накопичення в організмі молюсків, можуть перейти у діапазон витримуваних і спричиняти токсичний вплив на організм гідробионта.

### Висновки

Прісноводні молюски *L. stagnalis* реагують на забруднення водойм хлоридом міді. Вивчення дії цього полютанта на особливості репродукції та розвитку молюсків являється перспективним у зв'язку з тим, що плідність та кількість потомства є найважливішими показниками біологічного благополуччя будь-якого гідробіонта [5]. У водній токсикології ці показники повинні братися за основу критерію токсичності, тому що саме вони впливають на майбутнє існування особини та виду за даних умов.

В залежності від сили токсичного впливу хлориду міді на молюсків (діапазон концентрацій від гостролетальних до підпорогових у них надзвичайно широкий) спостерігається різна реакція з боку репродуктивної системи. За хронічних летальних концентрацій елімінація молюсків відбувається через порушення їх розмноження або розвитку. Ці концентрації виявляються летальними для популяції. В діапазоні концентрацій від витримуваних до підпорогових виявляється стимулюючий ефект їх дії за такими показникам як розмноження та вилуплення молоді. Пригнічуюча дія їх відкривається лише при більш детальному дослідженні погіршення стану молоді, що розвивається. Тому в експерименті частіше спостерігаються явища стимуляції, але не проявляється пригнічення. Таку стимуляцію слід розглядати як порушення реакції на змінні екологічні умови [6]. Дослідження цієї групи концентрацій являється важливим етапом у вивченні дії забруднюючих речовин на гідробіонтів. При екстраполяції результатів лабораторних дослідів на процеси, що відбуваються у водоймах, з'являється можливість вірно оцінити з екологічної точки зору вплив забруднювача на організм та реакцію останнього.

### Перспективи подальших досліджень

Водні екосистеми концентрують забруднення зі всієї водозбірної площі басейну, тому діагностика їх стану займає центральне місце в системі екологічного моніторингу. З врахуванням складних механізмів взаємного впливу забруднюючих речовин передбачити кінцевий ефект їх впливу на живі організми практично неможливо. У зв'язку з цим перспективною може стати оцінка якості середовища за станом самих біологічних систем і, зокрема, за їх здатністю до відтворення. При подальших дослідженнях доцільним є вивчення впливу солей важких металів на ювенальні стадії гідробіонтів, бо за одних і тих же концентрацій токсикантів молодь отримує значно більше дозове навантаження і реагує швидше, ніж дорослі особини. Аналіз цих реакцій дасть змогу впровадити їх в систему біологічного моніторингу забруднення гідросфери.

### Література

1. Березкина Г. В., Старобогатов Я. И. Экология размножения и кладки яиц пресноводных легочных моллюсков // Тр. Зоол. ин-та АН СССР – Л.: Наука, 1988. – 307 с.

2. Данильченко О. П., Бузинова Н. С. Реагирование моллюсков *Lymnaea stagnalis* L. на загрязнение. Сообщение I. Выживаемость. Размножение, Эмбриональное развитие. – М.: – Науч. докл. высш. шк. Биол. н., 1982. – № 6. – С. 61– 69.
  3. Лакин Г. Ф. Биометрия. – М.: Высш шк., 1990. – 351 с.
  4. Морозов Н. П. О соотношении форм миграции микроэлементов в водах рек, заливов, морей и океанов // Геохимия. – 1979. – № 8. – С. 1259–1263.
  5. Никаноров А. М., Жулидов А. В., Покаржевский А. Д. Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 143 с.
  6. Мур Дж., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. – М.: Мир, 1987. – 288 с.
  7. Строганов Н. С. Методика определения токсичности водной среды // Методики биол. исслед. по водн. токсикол. – М.: Наука, 1971. – С. 14– 60.
- 
-