

Зміна швидкості биття війок миготливого епітелію перлівнищевих під дією важких металів

*Досліджено вплив солей важких металів (хлоридів хрому, кадмію і цинку) на швидкість биття війок переживаючих клітин миготливого епітелію *Unio comus* та *U. rostratus gentilis*. Наявність іонів цих важких металів у розчині призводить до розвитку патологічного процесу. Цей процес носить фазний характер. Виявлено фази байдужості, підвищення активності, депресії, сублетальну і летальну*

Важкі метали постійно надходять у поверхневі води України зі стічними водами промислових підприємств, з сільськогосподарськими та побутовими стоками. У гідроекосистемах ці токсиканти включаються до біогеохімічного циклу, змінюючи свій фізико-хімічний стан під впливом процесів гідролізу, комплексоутворення, адсорбції, осадження. Ці процеси визначають перерозподіл важких металів між компонентами водної екосистеми, їх біодоступність і токсичність для гідробіонтів. Найбільш біодоступними і токсичними для водних тварин є гідратовані іони важких металів.

Переважаюча частина хрому, цинку і кадмію мігрує у водоймах у вигляді гідратованих іонів. Перлівнищевими, які є звичайними представниками бентичної фауни України, така форма металів засвоюється безпосередньо з води на межі активного контакту організму з середовищем (головним чином, у зябрах). Після надходження у організм гідробіонтів важкі метали зв'язуються з реактивними групами білкових макромолекул та інших біологічно активних речовин (ферментів, гормонів), впливаючи на обмін фізіологічно важливих хімічних елементів.

Метою дослідження є встановлення симптомів патологічного процесу у двостулкових молюсків, який зумовлюється отруєнням їх іонами важких металів. Як тест-показник використано швидкість биття війок переживаючих клітин миготливого епітелію перлівнищ.

Матеріал і методи

У дослідах використано хлориди важких металів (CrCl_3 , CdCl_2 , ZnCl_2). Матеріалом слугували 273 екз. перлівнищ *Unio comus borysthenticus* Kobelt, 1879 і *U. rostratus gentilis* Naas, 1911, зібраних у річках Тетерів (м. Житомир, с. Тетерівка), Коденка (с. Пряжево) і Уж (м. Коростень) у липні–вересні 2002 р. Вплив іонів хрому, цинку і кадмію на швидкість биття війок переживаючих клітин миготливого епітелію зябер і ноги досліджено за методикою Є. А. Веселова [1]. Розчини токсикантів готували на основі розчину Рінгера для холоднокровних тварин, розведеному у 6 разів за Т. А. Джамусовою [2] та ін. [3]. Відокремлені шматочки тканин зябер і ноги уміщали у розчини токсикантів ємкістю 50–60 мл. Спочатку готували декілька пробних розчинів достатньо високої концентрації і перевіряли наявність війкового руху у клітин миготливого епітелію зябер і ноги, занурених у ці розчини. Визначали концентрацію, за якої цей рух миттєво припинявся після стикування досліджуваного матеріалу із розчином токсиканту. Далі виявляли концентрації розчинів, у яких значення швидкості биття війок миготливого епітелію співпадало з цими показниками для контролю. Між визначеними граничними концентраціями вибирали декілька дослідних концентрацій. Результати знімали щохвилини у перші 10 хв і далі через кожні 10, 30 хв, 1, 2, 12, 24 год від початку досліду. Дослідження активності війок миготливого епітелію проводили у 15 розчинах хрому (концентрації їх складали від $5 \cdot 10^{-4}$ до 8 г/дм^3), у 16 – цинку ($3 \cdot 10^{-4}$ – 16 г/дм^3), у 18 – кадмію ($1 \cdot 10^{-4}$ – 32 г/дм^3).

Результати досліджень

За температури 13–20°C, вмісту кисню у розчині Рінгера для холоднокровних 8.5–8.9 мг/л, рН 7–8.8, природного (денного) освітлення показник швидкості биття війок переживаючих клітин зябрового миготливого епітелію у *U. comus* становить 318.3 ± 0.7 (для зябер) і 319.8 ± 0.7 (для ноги). У *U. r. gentilis* значення цих показників – 325.6 ± 0.8 і 325.5 ± 0.7 відповідно. Він відзначається високою стабільністю, про що свідчать невисокі значення коефіцієнтів варіації: 3.4 (*U. comus*) і 3.1% (*U. r. gentilis*).

У діапазоні низьких концентрацій йонів хрому і цинку (Cr^{3+} $1 \cdot 10^{-3}$ – $5 \cdot 10^{-2} \text{ г/дм}^3$; Zn^{2+} $5 \cdot 10^{-4}$ – $3 \cdot 10^{-3} \text{ г/дм}^3$) у обох видів перлівнищ спостерігається статистично вірогідне підвищення швидкості биття війок миготливого епітелію (рис. 1, 2). Наявність у середовищі іонів хрому викликає поступове зростання значення цього показника у *U. r. gentilis*, а пік його припадає на концентрацію $5 \cdot 10^{-3} \text{ г/дм}^3$ для миготливого епітелію зябер і $3 \cdot 10^{-3} \text{ г/дм}^3$ – для миготливого епітелію ноги. Збільшення швидкості биття війок миготливого епітелію зябер цього моллюска за наявності у розчині йонів цинку також відбувається поступово і пік його відповідає $3 \cdot 10^{-3} \text{ г/дм}^3$ цього токсиканту. Значення ж обговорюваного показника для миготливого епітелію ноги зростає стрімко. Пік його припадає на концентрацію $1 \cdot 10^{-3} \text{ г/дм}^3 \text{ Zn}^{2+}$. Аналогічно реагує миготливий епітелій *U. comus* на наявність у розчині йонів хрому і цинку. Пік підвищення швидкості биття війок миготливого епітелію зябер спостерігається за $3 \cdot 10^{-3} \text{ г/дм}^3 \text{ Zn}^{2+}$, ноги –

за $1 \cdot 10^{-3}$ г/дм³ цих токсикантів. За наявності Cd^{2+} у середовищі підвищення швидкості биття війок миготливого епітелію спостерігається лише у *U. r. gentilis*. Воно відбувається стрімко і пік такого підвищення припадає на $5 \cdot 10^{-4}$ г/дм³ Cd^{2+} .

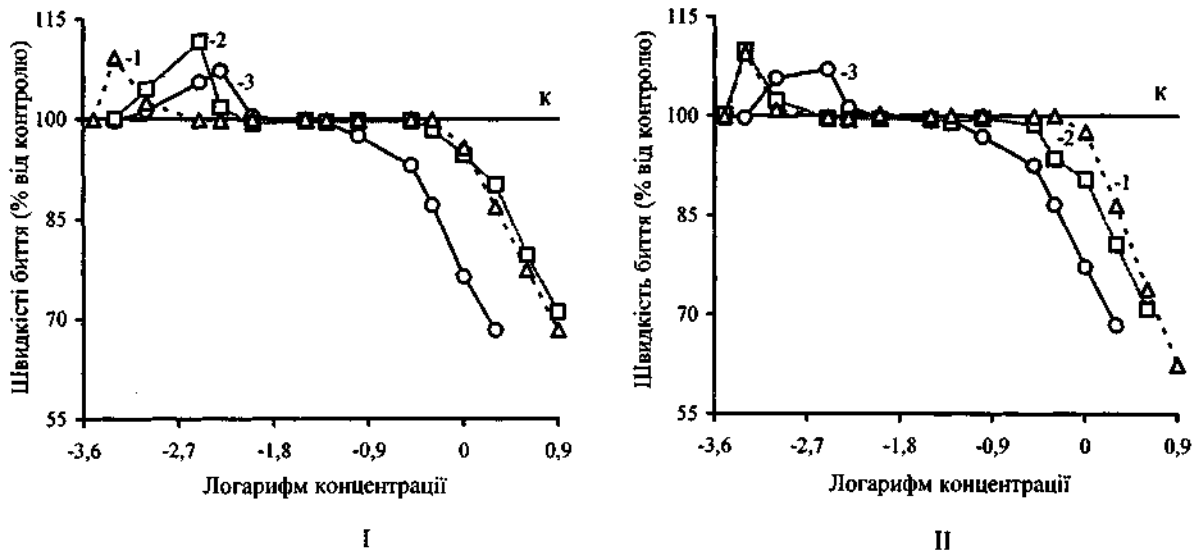


Рис. 1. Залежність швидкості биття війок миготливого епітелію зябер (I) і ноги (II) *U. r. gentilis* від концентрації іонів важких металів у розчині: 1 – кадмію; 2 – цинку; 3 – хрому; К – контроль

Статистично вірогідне збільшення швидкості биття війок миготливого епітелію зябер на 2.2–10.4% зафіксовано за $3 \cdot 10^{-3}$ – $5 \cdot 10^{-3}$ г/дм³ Cr^{3+} (для *U. r. gentilis*) і за $1 \cdot 10^{-3}$ – $5 \cdot 10^{-3}$ г/дм³ цього токсиканту (для *U. somus*), ноги на 5.7–9.6% – за $1 \cdot 10^{-3}$ – $3 \cdot 10^{-3}$ г/дм³ іонів хрому для двох видів ($P > 99.9\%$) (рис. 1–4). Аналогічна реакція війок миготливого епітелію зябер у перлівниць спостерігається за $1 \cdot 10^{-3}$ – $3 \cdot 10^{-3}$ г/дм³ Zn^{2+} , ноги – за $5 \cdot 10^{-4}$ – $1 \cdot 10^{-3}$ г/дм³ цього показника. У межах вказаних концентрацій збільшення швидкості биття війок миготливого епітелію становить 2.3–11.6% ($P > 98.5\%$). Статистично вірогідне зростання активності війок миготливого епітелію *U. r. gentilis* спостерігається також за $5 \cdot 10^{-4}$ – $1 \cdot 10^{-3}$ г/дм³ (для зябер) і $5 \cdot 10^{-4}$ г/дм³ (для ноги) іонів кадмію у розчині. Воно становить 2.4–9.5% ($P > 99.9\%$).

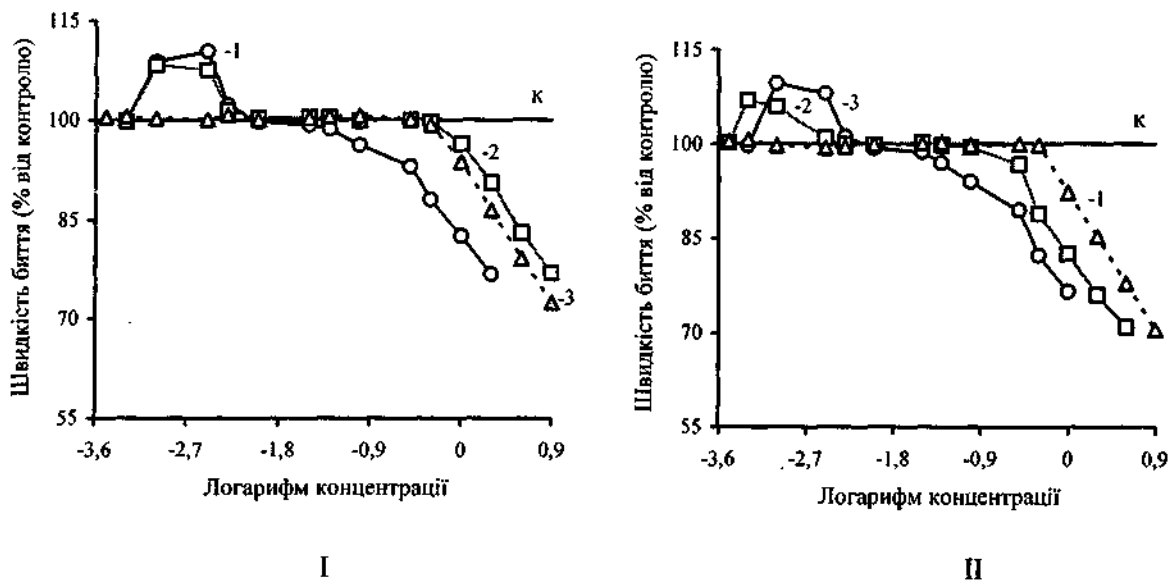


Рис. 2. Залежність швидкості биття війок миготливого епітелію зябер (I) і ноги (II) *U. somus* від концентрації іонів важких металів у розчині: 1 – кадмію; 2 – цинку; 3 – хрому; К – контроль.

У діапазоні високих концентрацій іонів важких металів у розчинах (Cr^{3+} $5 \cdot 10^{-2}$ – 2 г/дм³; Zn^{2+} 0.5–8 г/дм³; Cd^{2+} 1–8 г/дм³) биття війок миготливого епітелію перлівниць пригнічується (рис. 1, 2). Зниження значення обговорюваного показника у досліджуваних видів за наявності йонів хрому у середовищі становить 2.6–31.6% ($P > 99.7\%$). Зменшення швидкості локомоції війок їх миготливого зябрового епітелію зафіксовано за 1–8 г/дм³ Zn^{2+} і становить 3.6–29% ($P > 95.1\%$). Значення цього показника для

миготливого епітелію ноги *U. r. gentilis* знижується на 6.5–29.1% за 0.5–4 г/дм³ іонів цинку, для ноги *U. conus* на 3.4–24.1% – за 0.3–2 г/дм³ токсиканту. За концентрації йонів кадмію у розчині 1–8 г/дм³ зафіксовано пригнічення биття війок миготливого епітелію на 2.4–39.5% (P>99.9%).

За 8 г/дм³ Cr³⁺ у середовищі зупинка локомоції війок миготливого епітелію настає протягом хвилини. При цьому після відмивання матеріалу у розчині Рінгера рух війок не відновлюється. Така ж майже миттєва зупинка биття війок миготливого епітелію зябер *U. r. gentilis* відбувається за 16 г/дм³ Zn²⁺ і 32 г/дм³ Cd²⁺. Війки миготливого епітелію ноги *U. r. gentilis* і миготливого епітелію *U. conus* відповідно реагують на ці токсиканти за 8 г/дм³ і 16 г/дм³. Відмивання у розчині Рінгера протягом 10 хв призводить до відновлення локомоції окремих війок переживаючих клітин миготливого епітелію.

Результати та обговорення

Зміни активності війок переживаючих клітин миготливого епітелію зябрового апарату і ноги перлівниць можна розглядати як один із симптомів патологічного процесу, що розвивається внаслідок інтоксикації моллюсків іонами важких металів і носить фазний характер.

Перша фаза – байдужості зафіксована за концентрацій 5·10⁻⁴ г/дм³ іонів хрому і 3·10⁻⁴ г/дм³ іонів цинку і кадмію, у межах яких зміни у роботі війок миготливого епітелію відсутні.

Друга фаза – підвищення активності, протягом якої мобілізуються захисні властивості організму і активізуються відповідні фізіологічні і біохімічні процеси. Концентрації 1·10⁻³–5·10⁻³ г/дм³ іонів хрому, 5·10⁻⁴–3·10⁻³ г/дм³ іонів цинку, 5·10⁻⁴ г/дм³ іонів кадмію викликають підвищення швидкості локомоції війок миготливого епітелію. Зростання фізіолого-біохімічної активності є неспецифічним захисно-приспосувальним механізмом гідробіонтів до впливу токсикантів.

Третя фаза – це фаза депресії. Вона відмічена за концентрацій 5·10⁻³–3·10⁻² г/дм³ Cr³⁺, 3·10⁻³–0.3 г/дм³ Zn²⁺, 1·10⁻³–0.5 г/дм³ Cd²⁺. У діапазоні цих концентрацій відбувається зменшення швидкості биття війок миготливого епітелію (порівняно з попередньою фазою) до рівня контролю.

Четверта і п'ята фази, які швидко йдуть одна за одною, – це сублетальна і летальна. Вони спостерігаються за концентрацій 5·10⁻²–8 г/дм³ Cr³⁺, 0.5–16 г/дм³ Zn²⁺, 1–32 г/дм³ Cd²⁺ у середовищі. На цих стадіях швидкість локомоції війок значно пригнічується аж до повної зупинки їх биття при зануренні переживаючих клітин миготливого епітелію у розчин.

Висновки

Серед досліджених важких металів (хром, цинк, кадмій) найбільш токсичним для переживаючих клітин миготливого епітелію перлівниць є кадмій. Концентрація його у середовищі, за якої починається патологічний процес, набагато менша, ніж концентрації йонів хрому і цинку. Отримані результати свідчать про те, що миготливий епітелій перлівниць більш чутливий до цинку, ніж до хрому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Веселов Е. А. Биологические тесты при санитарно-биологическом изучении водоёмов // Жизнь пресных вод СССР. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1959. – Т. 4, кн. 2. – С. 7–37.
2. Джамусова Т. А. Теплоустойчивость мускулатуры некоторых пресноводных моллюсков // Вопр. цитол. и протистол. – М.; Л., 1960. – С. 100–106.
3. Методы изучения двустворчатых моллюсков / Под ред. Г. Л. Шкорбатова и Я. И. Старобогатова. – Л.: Зоол. ин-т АН СССР, 1990. – 208 с.

Т. В. Черномаз. Изменение скорости биения ресничек мерцательного эпителия перловицевых под действием тяжелых металлов

Исследовано влияние солей тяжелых металлов (хлоридов хрома, кадмия и цинка) на скорость биения ресничек переживающих клеток мерцательного эпителия Unionidae и U. rostratus gentilis. Присутствие ионов этих тяжелых металлов в растворе приводит к развитию патологического процесса. Этот процесс носит фазовый характер. Отмечены фазы безразличия, повышения активности, депрессии, сублетальная и летальная.

T. V. Chernomaz. Violation of Ciliary Activity of the Ciliated Epithelium of Unionidae under Effect of Heavy Metals

The effect of the heavy metals salts (chromium chloride, cadmium chloride and zinc chloride) on ciliary activity of the ciliated epithelium of Unionidae and U. rostratus gentilis is investigated. Presence of these heavy metals in solution initiates pathological process. There are 5 phases of this process: indifference, increase of function, depression, sublethal and lethal phase.