

2. Клименко М.О., Скрипчук П.М. Метрологія, стандартизація і сертифікація в екології: Підручник. К.: Видавничий центр «Академія», 2006. 368 с.

3. Світ тоне у пластику: масштаби, проблеми та шляхи вирішення [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://diy.org.ua/news/svit-tone-u-plastiku-masshtabi-problemi-ta-shlyahi-virishennya>

4. Шаповал М.І. Основи стандартизації, управління якістю і сертифікації. Підручник. 3-є вид., перероб. і доп. К.: Європ. ун-т фінансів, інформсистем, менеджменту і бізнесу. 2000. 174 с.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-006-3-10>

**ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ПІДВИЩЕНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ
ІОНІВ K^+ У ВОДІ НА БІОХІМІЧНИЙ СТАТУС
ДВОСТУЛКОВОГО МОЛЮСКА
ANODONTA CYGNEA (LINNAEUS, 1758)**

Красюк Ю. М.

*кандидат біологічних наук,
науковий співробітник*

Інститут гідробіології Національної академії наук України

Худіяш Ю. М.

*кандидат біологічних наук,
старший науковий співробітник*

*Інститут гідробіології Національної академії наук України
м. Київ, Україна*

Калій є найважливішим біоелементом, який необхідний для мінерального обміну в усіх без виключення живих організмах, що бере участь у осморегуляції, підтримці кислотно-лужної рівноваги, активуванні ферментів. Проте, гіпертонічні його розчини токсичні для гідробіонтів і мають нервово-паралітичну, гемолітичну та протоплазматичну дію [1, с. 297]. Забруднювачами водою сполуками калію, в першу чергу, виступають промислові підприємства, які використовують їх у своїх технологічних процесах. В Україні одним із джерел забруднення шкідливими речовинами водних екосистем є наслідки діяльності промислових підприємств і присутність

накопичувачів промислових відходів (хвостосховищ), які розташовані на відстані, недостатньо віддаленому від водойм [2, с. 176–186].

Необхідно відмітити, що дослідження негативної дії високих концентрацій іонів калію на організм гідробіонтів проводиться в незначній мірі, тому вони становлять великий інтерес з точки зору прогнозування екологічного стану водойм, особливо тих, які піддаються значному забрудненню сполуками калію. Метою роботи було виявлення негативної дії іонів K^+ у воді на біохімічний статус прісноводного двостулкового молюска беззубку звичайну (*Anodonta cygnea*, Linnaeus, 1758). Даний вид є достатньо розповсюджений у більшості водойм України і може слугувати як біоіндикатор для оцінки стану водних екосистем відносно вмісту калію. Досліджуваних прісноводних двостулкових молюсків *Anodonta cygnea* (довжина черепашки $85,17 \pm 2,10$ мм, висота – $50,67 \pm 1,13$ мм) помістили в акваріуми об'ємом 15 дм^3 по 6 особин. У дослідний акваріум була внесена сіль KCl для створення концентрації калію у воді $150 \text{ мг } K^+/\text{дм}^3$, що у три рази перевищувало норму для водойм рибогосподарського призначення [3, 15 с.] У контролі і досліді температура води була на рівні 25°C , вміст кисню – $7,4\text{--}7,6 \text{ мг } O/\text{дм}^3$. На 24 год. експерименту було відібрано зяброву тканину молюсків для біохімічних досліджень, а саме визначення: активності Na^+ , K^+ -активуємої Mg^{2+} -залежної АТФ-ази (Na^+ , K^+ -АТФ-ази) за приростом неорганічного фосфору в середовищі інкубації за методом М.Н. Кондрашової та ін. [4, с. 567–572] і активності лактатдегідрогенази (ЛДГ) [5, 272 с.]. Також, визначали вміст малонового діальдегіду [6, с. 66–68], загального білка (за методом Лоурі) та глікогену (антроновий метод) [7, 510 с.]. Отриманий цифровий матеріал оброблений статистично із застосуванням t-критерію Стьюдента за допомогою програми Statistica 10.

Одним з головних критеріїв нормального існування гідробіонтів є іонний склад води. До важливих складових природних вод відносяться аніони – гідрокарбонати, сульфати, хлориди та катіони – кальцій, магній, натрій і калій. За наших досліджень концентрація іонів калію була в тричі вища, ніж у природних водоймах. Такі зміни хімічного складу води часто викликають певні адаптаційні реакції в організмі гідробіонтів, як на фізіологічному, так на біохімічному рівні. Відомо, що за несприятливих умов двостулкові молюски здатні ізолювати себе від зовнішнього середовища. Вони спроможні підтримувати внутрішні енергетичні ресурси організму, перемикаючись на анаеробні метаболічні шляхи, тим самим знижуючи швидкість загального

метаболізму [8, с. 121–130; 9, р. 101–114]. Одним із головних показників анаеробного дихання є лактатдегідрогеназа, яка безпосередньо бере участь в адаптаційних перебудовах. Її часто використовують як специфічний маркер, що показово характеризує проходження енергетичного обміну і процеси анаеробного дихання в тканинах. Наші результати досліджень вказують на достовірне зростання активності ЛДГ (на 9%) у зябрах *A. cygnea*, які перебували під впливом підвищеної концентрації іонів калію у воді. Підвищення активності ЛДГ у зябрах молюсків може свідчити про збільшення питомої частки анаеробних процесів. Зростання активності цього ферменту є свідченням переходу метаболізму з ефективного аеробного на менш ефективний анаеробний процес, який є компенсаторним механізмом отримання енергії в несприятливих умовах навколишнього середовища [10, с. 23]. Певним підтвердженням наших припущень може слугувати показник рівня активності Na^+ , K^+ -АТФ-ази у зябрах *Anodonta cygnea*. Так, за дії концентрації 150 мг K^+ /дм³ іонів калію у воді активність ферменту в зябрах молюсків була достовірно на 29% нижча порівняно з контролем. Відомо, що функція Na^+ , K^+ -АТФ-ази полягає у транспортуванні іонів калію і натрію через мембрани клітини [11, с. 206–225]. Можливо, зниженням активності даного ферменту в зябрах дослідних молюсків може свідчити про ізолювання їх від зовнішнього середовища і, відповідно, переналаштування осморегуляційних процесів в їх організмі на певний автономний режим. Рівень обміну речовин, і зокрема енергетичного метаболізму, визначає адаптивні можливості організму. В більшості випадків молюски використовують в якості енергетичних субстратів глікоген і білки, тоді як ліпіди у них ще не стали головним джерелом енергії [12, с. 586; 13, с. 576–586]. При цьому, авторами показано, що в анаеробних умовах ліпіди можуть утилізуватись організмом в якості джерел метаболічної енергії, використовуватись для синтезу енергетичних субстратів вуглеводної чи білкової природи [14, с. 120]. Одним із головних показників метаболізму ліпідів є малоновий діальдегід (МДА), який утворюється в організмі при окисленні поліненасичених жирів і слугує маркером перекисного окислення ліпідів (ПОЛ). Як видно з результатів досліджень, вплив концентрації калію 150 мг K^+ /дм³ викликав зростання у 2,7 рази вмісту МДА в зябрах беззубки. Вірогідно, що у молюсків *A. cygnea*, які перебували у середовищі з підвищеним вмістом калію у воді було більш інтенсивне проходження ПОЛ у цій тканині, ніж у контрольних особин. Виявлено, що вміст глікогену і загального білку в зябрах *A. cygnea*, які

знаходились у середовищі з концентрацією калію у воді $150 \text{ мг K}^+/\text{дм}^3$, був на 13% і 19% достовірно нижче від контролю. Очевидно, зниження вмісту глікогену і загального білку в зябровій тканині дослідних молюсків є наслідком початкової дії підвищеної концентрації іонів калію при переналаштуванні енергетичного метаболізму з аеробного на анаеробний процес. Дані енергетичні субстрати на цьому етапі експерименту інтенсивно використовувалися на потреби процесів осморегуляції.

Підсумовуючи наші результати досліджень можемо зробити висновок, що концентрація $150 \text{ мг K}^+/\text{дм}^3$ викликає певні зміни в проходженні метаболічних процесів беззубки *A. sugnea*. Підвищений вміст K^+ у воді спричинив в організмі молюсків значне використання глікогену, загального білка і, навіть, запасаючих ліпідів, про що свідчить зростання вторинного продукту розпаду перекисного окислення ліпідів – малонового діальдегіду. Це в свою чергу призвело до переходу енергетичного забезпечення організму на анаеробні процеси, доказом чого була висока активність ЛДГ і низька активність Na^+ , K^+ -АТФ-ази у зябрах *A. sugnea*.

Література:

1. Дудник С.В., Євтушенко М.Ю. Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування. Монографія. Київ: Український фітосоціологічний центр. 2013. 297 с.
2. Хрущев Д.П., Босевская Л.П., Кирпач Ю.В. Соляные ресурсы Карпатского региона Украины: проблемы использования и охраны. Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України: «Соляные ресурсы Карпатского региона Украины: проблемы использования и охраны». 7. 2014. С. 176–186.
3. Клименко М.О., Вознюк Н.М., Вербицька К.Ю. Порівняльний аналіз нормативів якості поверхневих вод [Електронний ресурс]. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів та природокористування. Київ. 2012. 1(30). 15 с. [http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2012_1/12kmo.pdf].
4. Кондрашова М.Н., Лесогорова М.Н., Шноль С.Э. Метод определения неорганического фосфора по спектрам поглощения в ультрафиолете. Биохимия. 1965. 30(3). С. 567–572.
5. Методы биохимических исследований (липидный и энергетический обмен). Ленинград: ЛГУ. 1982. 272 с.

6. Стальная И.Д., Гаришвили Т.Г. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты. Современные методы в биохимии. Москва: Медицина. 1977. С. 66–68.

7. Практикум по биохимии. Под редакцией С.Е. Северина, Г.А. Соловьевой. Москва: МГУ. 1989. 510 с.

8. Н. Н. Фокина, З. А. Нефедова, Н. Н. Немова Биохимические адаптации морских двустворчатых моллюсков к аноксии (обзор). Труды Карельского научного центра РАН. 3. 2011. С. 121–130.

9. Burnett L. E., Stickle W. B. Physiological Responses to Hypoxia. Coastal Hypoxia: Consequences for Living Resources and Ecosystems. Coastal and Estuarine Studies. 2001. P. 101–114.

10. Головина И.В. Особенности активности ферментов энергетического обмена в тканях черноморских моллюсков разной подвижности в норме и при патологии. Морской биологический журнал. 1(1). Севастополь. 2015. С. 23.

11. Болдырев А. Роль Na/K-насоса в возбудимых тканях (обзор). Journal of Siberian Federal University. Biology. 3. 2008. С. 206–225.

12. Хочачка П., Сомеро Дж. Стратегия биохимической адаптации. Москва: Мир. 1988. 586 с.

13. Шульман Г. Е., Аболмасова Г. И., Столбов А. Я. Использование белка в энергетическом обмене гидробионтов. Успехи современной биологии. 1993. 113(5). С. 576–586.

14. Громосова С. А., Шапиро А. З. Основные черты биохимии энергетического обмена мидий. Москва: Легкая и пищевая промышленность. 1984. 120 с.