

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-047-6-22>

**NA+, K+-АТФ-АЗА ЯК БІОХІМІЧНИЙ МАРКЕР
ФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ ANODONTA CYGNEA
(LINNAEUS, 1758) ЗА РІЗНИХ УМОВ ПЕРЕБУВАННЯ
У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

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*

В останній час інтенсивний технологічний розвиток людства призвів до значних змін параметрів водного середовища. Так, наприклад, неконтрольований скид гарячої води з теплоелектростанцій, змив з сільськогосподарських полів чи скидів промислових вод може призвести до негативних наслідків для біоти водних екосистем. Температура та гідрохімічний склад води є провідними чинниками, що впливають на життєві функції гідробіонтів (ріст, розвиток, відтворення), безпосередньо змінюючи інтенсивність ферментативних процесів і характер обміну речовин в їх організмі.

Одними з головних складових гідрохімічного складу води є іони калію. Джерелом надходження в поверхневі води є породи (польовий шпат, слюда) і його розчинні сполуки.

Калій відіграє значну біологічну роль в організмі, а саме: бере участь у підтримці осмотичного тиску, вуглеводному обміні, синтезі білків [1, с. 10–15].

Концентрація калію в річковій воді зазвичай не перевищує 18 мг/дм³, але потрапляючи з господарсько-побутовими і промисловими стічними водами, особливо з гірничодобувних підприємств, його концентрація у воді може зростати до 1200–1610 мг/дм³ [2, с. 61 с].

Здебільшого негативна дія температури і зміна кількісного хімічного складу води має сумісну дію, що значно може посилити непередбачувані наслідки для представників природних водойм. Більшість наукових досліджень проводиться, в основному, у напрямку окремого дослідження цих параметрів на гідробіонтів. Встановлення

особливостей змін біохімічного характеру за сукупної дії цих чинників на їх організм залишається актуальним. Достатньо інформативним біохімічним індикатором стану гідробіонтів, в тому числі прісноводних двостулкових молюсків, є активність ферменту Na^+ , K^+ -активуємої Mg^{2+} -залежної АТФ-ази (Na^+ , K^+ -АТФ-ази), яка відіграє важливу роль у пристосуванні до нових умов існування.

Метою роботи було встановлення рівня активності Na^+ , K^+ -АТФ-ази у тканинах беззубки звичайної *Anodonta cygnea* (Linnaeus, 1758) за різних умов їх існування у водному середовищі. Зокрема, дослідження, які проводились на базі Біотехнологічного комплексу Інституту гідробіології НАН України, включали виявлення фізіологічного стану молюсків за впливу різної температури та підвищеної концентрації іонів K^+ у воді. Для створення концентрації калію $150 \text{ мг } \text{K}^+/\text{дм}^3$ у воді, що у три рази перевищувало норму для водойм рибогосподарського призначення [3, с. 15], використовували сіль KCl . У контролі температура води була на рівні 25°C , а у дослідних акваріумах: 9° та 30°C . Через добу було відібрано зяброву тканину молюсків для визначення активності Na^+ , K^+ -АТФ-ази за приростом неорганічного фосфору в середовищі інкубації за методом М.Н. Кондрашової та ін. [4, с. 567–572]. Отриманий цифровий матеріал оброблений статистично із застосуванням t -критерію Стьюдента за допомогою програми Statistica 10.

Загальновідомо, що молюски є пойкилотермними тваринами у яких активність проходження метаболічних процесів на пряму залежить від температури води [5].

Одним із показників рівня метаболічних процесів в організмі може бути активність Na^+ , K^+ -АТФ-ази, так як це фермент клітинної мембрани, що вибірково викачує з клітини іони натрію і акумулює в ній іони калію, використовуючи для цієї роботи енергію АТФ. Створювана ферментом різниця концентрацій одновалентних катіонів використовується для протікання важливих реакцій життєдіяльності – генерації, збудження, водно-сольового обміну та регуляції клітинного метаболізму [6, с. 187., 7, с. 504]. Це в певній мірі підтверджується нашими дослідженнями, а саме: при зростанні температури води відмічається зростання активності Na^+ , K^+ -АТФ-ази в тканинах *Anodonta cygnea*. Так, за дії підвищеної температури 30°C активність Na^+ , K^+ -АТФ-ази у зябрах молюсків була на 28% вища від значень при оптимальній температурі води (25°C). При цьому зниження температури води до 9°C призвело до падіння активності ферменту на 40%.

При додаванні у воду концентрації калію $150 \text{ мг } \text{K}^+/\text{дм}^3$ і підвищенні температури води до 30°C результати досліджень були дещо не

сподіваними: виявлено зниження активності Na^+ , K^+ -АТФ-ази на 69% порівняно з показниками моллюсків, які перебували у середовищі при цій же температурі без присутності високих концентрацій іонів калію. Також, за впливу $150 \text{ мг } \text{K}^+/\text{дм}^3$ було виявлено зростання активності ферменту зябровій тканині *A. cygnea* при зниженні температури до 25°C і 9°C відповідно на 30 та 25%, порівняно з моллюсками, які не знаходились під навантаженням підвищеної концентрації іонів калію. Особливості такої активності Na^+ , K^+ -АТФ-ази в тканинах беззубки, вірогідно, пов'язано з певними структурними перетвореннями мембрани, викликаними зміною температури води. Так, відомо, що клітинна мембрана – це динамічна, плинна структура. Ліпіди у ній розташовані у вигляді подвійного шару, який надає молекулі плинних властивостей та відіграє роль майже не проникного бар'єру для багатьох розчинних сполук [8, р. 1814–1823].

У нормі ліпідний бішар непроникний для гідрофільних та заряджених молекул, для транспортування яких існує спеціалізовані іонні канали [9, с. 99–117]. Ліпідні мембрани за нормальних умов мають рідкокристалічну структуру, які достатньо чутливі до зміни температури. За зниження температури мембрана переходить в гелеподібний стан. При переході мембрани з одного стану в інший утворюються канали через які можуть переноситись іони і низькомолекулярні речовини. Внаслідок цього може підвищуватись іонна проникність клітинних мембран [10, 368 с.].

Вірогідно, за температури води 9°C і високої концентрації іонів калію підвищена провідність мембран клітин моллюсків *A. cygnea* спричинила заходження в клітину значної кількості іонів калію. Це в свою чергу призвело до зростання активності ферменту Na^+ , K^+ -АТФ-ази, який, як відомо, приймає участь у механізмах активного транспорту речовин, а саме: у роботі натрій-калієвого насоса, що тісно пов'язано з різницею в градієнті концентрації йонів K^+ і Na^+ поза і всередині клітини. Для цього потрібно використання енергії, яка отримується при розщепленні однієї молекули АТФ, що вистачає для перенесення трьох позитивно заряджених іонів Na^+ з клітини на кожні два позитивних іони K^+ у клітину та супроводжується накопиченням на мембрані різниці потенціалів. Надлишок іонів калію виходить назовні через калієві пори [11, с. 1280 р]. Можливо, в результаті підвищення вмісту калію з зовні клітини, процеси його виведення знижуються для утримання певного градієнту концентрацій зовні і всередині клітини.

Таким чином, підсумовуючи наші результати досліджень, можна зробити висновок, що підвищення температури води (30°C) призводить до зростання активності Na^+ , K^+ -АТФ-ази, як наслідок активації

процесів метаболізму. При сумісній дії високої концентрації іонів калію $150 \text{ мг K}^+/\text{дм}^3$ та підвищеної температури 30°C спостерігається обернена кореляція – активність ферменту знижується. Така специфіка активності Na^+ , K^+ -АТФ-ази може свідчити про певні порушення іонного обміну в клітинах молюсків *Anodonta cygnea*, що в подальшому може негативно вплинути на адекватну відповідь організму за цих умов перебування у водному середовищі.

Література:

1. Донецькова А.А., Сквалецький Е.Н., Пелагеїн А.А. Аналіз содержания макроэлементов в питьевых водах. Проблемы региональной экологии. 5. 2011. С. 10–15.
2. Долина Л.Ф. Сточные воды предприятий горной промышленности и методы их очистки. Справочное пособие. Днепропетровск: Молодежная экологическая лига Приднепровья. 2000. 61 с.
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. 30(3). 1965. с. 567–572.
5. Хлебович В.В. Уровни гомеостаза [Електронний ресурс]. Природа. 2. 2007. [http://vivovoco.ibmh.msk.su/VV/JOURNAL/NATURE/02_07/НОМ.НТМ]
6. Твердислов В.А., Тихонов А.Н., Яковенко Л.В. Физические механизмы функционирования биологических мембран. М.: МГУ. 1987. 187 с.
7. Косток П. Г., Гродзинский Д. М., Зима В. Л. и др. Биофизика. К.: Вища школа. 1988. 504 с.
8. Kusumi A., Shirai Y.M., Koyama-Honda I., Suzuki K., Fujiwara T. Hierarchical organization of the plasma membrane: investigations by single-molecule tracking vs. fluorescence correlation spectroscopy // FEBS Lett. 584(9). 2010. P. 1814–1823.
9. Чекман І.С., Сімонова П.В. Структура функція біомембран: вплив наночастинок. Фізіол. журн. 57(6). 2011. С. 99–117.
10. Огурцов А.Н. Биологические мембраны. Харьков: НТУ «ХПИ». 2012. 368 с.
11. Lodish H. et al. Molecular cell biology. New York : W. H. Freeman, 2016. 1280 p.