

РОЗДІЛ 4

БІОХІМІЯ ТА МОЛЕКУЛЯРНА БІОЛОГІЯ

УДК 577.1 + 597.5 + 615.8.

ПРОЦЕСИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ У РИБ ЗА ДІЇ СУБЛЕТАЛЬНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ІОНІВ КОБАЛЬТУ (II)

Вовчек Н. О., Хоменчук В. О., Мяхкота О. П., Курант В. З.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: khomenchuk@tnpu.edu.ua

Метали, як есенціальні, так і токсичні, за умов підвищених їх концентраціях у воді є небезпечними через здатність до акумулювання, біомагніфікації та високу біологічну активність для гідробіонтів [1].

Кобальт є важливим мікроелементом, який у природних водних середовищах зустрічається в невеликих концентраціях [2]. Проте, у разі виникнення несприятливих умов, його вміст у поверхневих водах може значно зрости та спричинити його накопичення у компонентах гідроекосистем та токсичний вплив на водні організми. Зважаючи на це, актуальним є питання моніторингу кобальту у водних об'єктах.

Використання біоіндикаторних видів риб дає можливість оцінити токсичний вплив металів для навколишнього водного середовища [3]. Дослідження молекулярних, біохімічних і фізіологічних характеристик риб як біомаркерів дає змогу визначати токсичність металів та оцінювати ступінь забруднення водного середовища важкими металами [6].

Тому нами було досліджено особливості функціонування ферментів енергетичного обміну в тканинах прісноводних риб за дії сублетальних концентрацій іонів кобальту (II).

Для експериментальних досліджень було використано прісноводні види риб – карась сріблястий (*Carassius gibelio* Bloch.) і щука звичайна (*Esox lucius* L.) середньою масою 200—220 г та 150—170 г відповідно. Вивчали вплив кобальту у двох концентраціях, що в перерахунку на іони становило 0,1 та 0,25

мг/дм³. Метал додавали у воду акваріумів об'ємом 200 дм³, де знаходилися дослідні групи риб (по п'ять особин у кожному), у вигляді кобальт хлориду. Воду в акваріумах змінювали щодобово. Тварин під час досліджень не годували. Аклімацію риб здійснювали протягом 14 діб. Після зазначеного терміну риб забивали та відбирали тканини печінки та зябер за температури 4°C. У гомогенатах тканин визначали активність лактатдегідрогенази (КФ 1.1.1.27), сукцинатдегідрогенази (КФ 1.3.99.1) та цитохромоксидази (КФ 1.9.3.1). Отримані результати піддавали статистичному аналізу з використанням пакету «Microsoft Excel».

Лактатдегідрогеназа. Підвищений рівень активності лактатдегідрогенази є індикатором враження тканин риб, гіпоксії та слугує хорошим діагностичним інструментом у токсикології [6]. Аналіз отриманих результатів показав, що за впливу підвищених концентрацій іонів Co^{2+} відмічався дозозалежний характер змін активності лактатдегідрогенази у зябрах та печінці карася та щуки. Так, за дії 0,1 мг/л іонів кобальту відмічалася тенденція до зростання активності фермента як у печінці, так зябрах карася. Вплив 0,25 мг/л іонів кобальту призводив до зростання активності лактатдегідрогенази у 2,1 та 2,0 рази у тканинах печінки та зябер щодо контрольних значень.

Аналіз активності ензиму у зябрах та печінці щуки показав, що невисокі концентрації іонів металу (0,1 мг/л), як і у тканинах карася, не викликали достовірних змін активності лактатдегідрогенази. Разом з тим дія 0,25 мг/л іонів кобальту призводила до підвищення активності фермента у печінці щуки у 1,4 рази, що може свідчити про активацію гліколізу за високих концентрацій іонів кобальту [4]. Інший характер модуляції ЛДГ за впливу іонів кобальту був відмічений у тканинах зябер щуки, де активність фермента знижувалася у 2 рази порівняно з контрольними значеннями.

Сукцинатдегідрогеназа. Сукцинатдегідрогеназа є регуляторним ферментом циклу трикарбонових кислот та каталізує окиснення бурштинової кислоти до фумарової. Результати досліджень показали, що активність ензиму у печінці карася за дії підвищених концентрацій іонів кобальту не відрізняється від контрольних значень. Проте, відмічене

стимулювання ферментної активності печінки за дії 0,1 та 0,25 мг/л іонів. Іншу специфіку було відмічене для досліджуваного ферменту у тканинах зябер. В міру зростання концентрації Co^{2+} у воді збільшується рівень інгібування сукцинатдегідрогенази, досягаючи максимуму за впливу 0,25 мг/л іонів металу (у 2,8 рази).

За дії іонів Co^{2+} у печінці шуки не спостерігалось інгібування ферменту. Разом з тим, спостерігалось зростання активності сукцинатдегідрогенази у 1,7 рази за дії 2 ГДК іонів кобальту, тоді як за 0,25 мг/л іонів металу змін не було відмічено. У зябрах шуки на відміну від тканин печінки, прослідковується концентраційна залежність впливу кобальту –інгібування ензиму у 1,8 рази за впливу 0,25 мг/л іонів металу, та відсутність змін у функціонуванні фермента за дії 0,1 мг/л іонів Co^{2+} .

Цитохромоксидаза. Цитохромоксидаза відіграє визначальну роль у регуляції швидкості окисного фосфорилування, а також в знешкодженні активних форм кисню, енергетичному забезпеченні транспорту, зв'язування та детоксикації важких металів в організмі тварин. Аналіз отриманих результатів показав, що за дії 0,25 мг/л іонів Co^{2+} відбувається інактивація ензиму в мітохондріях печінки карася, тоді як за нижчої концентрації була відмічена тенденція до активації ферменту. Іони кобальту (II) виявляли інгібуючий ефект до цитохромоксидази в зябрах цього виду риби. При цьому процес інактивації мав пропорційний характер: за дії 2 і 5 ГДК ферментна активність зменшувалася в 1,7 та 3,0 рази.

У тканинах шуки характер модуляції активності цитохромоксидази за дії сублетальних концентрацій іонів кобальту мав подібний характер із тканинами карася. Так, за дії 0,1 та 0,25 мг/л кобальту було відмічене в однаковій мірі зниження активності ензиму в мітохондріях печінки.

За впливу обох концентрацій іонів кобальту у воді на активність цитохромоксидази зябер шуки спостерігалось пропорційне до концентрації іонів металу у воді зменшення активності ензиму – у 1,5 та 1,8 рази відповідно, що, очевидно, є наслідком змін внутрішньої мембрани мітохондрій та кінетичних параметрів ферментів дихального метаболізму.

Отже, іони кобальту порушують функціонування ензимів

енергетичного забезпечення печінки та зябер риб. При цьому, насамперед слід зазначити видову, тканинну та концентраційну специфіку змін ферментної активності. Так, вплив 0,1 мг/л іонів кобальту не викликав достовірних змін активності лактатдегідрогенази у тканинах щуки і карася, тоді як дія 0,25 мг/л іонів металу призводила в цілому до активації ферменту. Високі концентрації іонів кобальту (0,25 мг/л) призводили зниження активності сукцинатдегідрогенази та цитохромоксидази у тканинах риб, що, можливо, пов'язано з виснаженням системи аеробного енергозабезпечення.

Список літератури

1. DeForest D. K., Brix K. V., Adams W. J. Assessing metal bioaccumulation in aquatic environments: The inverse relationship between bioaccumulation factors, trophic transfer factors and exposure concentration. *Aquatic Toxicology*. 2007. Vol. 84, no. 2. P. 236–246.
2. Fraústo da Silva J J R, Williams R. J. P. The Biological Chemistry of the Elements: The Inorganic Chemistry of Life (Oxford, 2001; online edn, Oxford Academic, 31 Oct. 2023). P. 436–449.
3. Lam P. K. S. Use of biomarkers in environmental monitoring. *Ocean & Coastal Management*. 2009. Vol. 52, no. 7. P. 348–354.
4. Metal determination and biochemical status of marine fishes facilitate the biomonitoring of marine pollution / N. Kumar et al. *Marine Pollution Bulletin*. 2021. Vol. 170. P. 112682. URL: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112682> (date of access: 30.04.2025).
5. Parveen S., Bharose R., Singh D. Effect of tannery waste water on lactate dehydrogenase (LDH) enzyme activity of fresh water fish. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2017. Vol. 5(2). P. 643–647.
6. Sabullah M. K., Ahmad S. A., Shukor M. Y. et al. Heavy metal biomarker: fish behavior, cellular alteration, enzymatic reaction and proteomics approaches. *Int. Food Res. J.* 2015, Vol. 22. P. 435–454.