УДК 546.30 : (597.554.3+564.141) : 577.152.2

ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕАМІНУВАННЯ У ПЕЧІНЦІ РИБ ТА МОЛЮСКІВ ЗА ДІЇ ПІДВИЩЕНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ІОНІВ МЕТАЛІВ У ВОДІ

Чиж М.Ю., Дацик Т.І., Хоменчук В.О., Марків В.С., Курант В.З.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: khomenchuk@tnpu.edu.ua

Широке використання металів та їх сполук у промисловості та сільському господарстві сприяє їх надмірному надходженню у природні води. Важкі метали, що включають есенціальні (незамінні) та неесенціальні (токсичні) елементи, є стійкими, можуть акумулюватися та передаватися в трофічних ланцюгах і викликати широкий спектр токсчних ефектів у гідробіонтів [5]. У багатьох випадках токсичний вплив металів обумовлений порушенням функціонування ферментних систем організму водних тварин, у тому числі тих, які беруть участь у метаболізмі білків та амінокислот [3]. До них відносяться ферменти переамінування – аспартатмінотрансферази (АсАТ) та аланінамінотрансферази (АлАТ). Активність АлАТ і АсАТ часто використовується в діагностиці пошкоджень в тканинах гідробіонтів, спричинених забруднювачами водного середовища [1].

Молюски та риби є основними об'єктами біомоніторингу, що зумовлено їх поширеністю, здатністю акумулювати органічні та неорганічні речовини в тому числі і метали. Тому заданням роботи стало дослідження дії підвищених концентрацій іонів Mn^{2+}, Zn^{2+}, Cu^{2+} та Pb^{2+} на активність аспартатмінотрансферази (АсАТ) та аланінамінотрансферази (АлАТ) тканин риб та молюсків, визначЕННЯ їх роль у захисті організму від шкідливої дії токсикантів, а також проаналізувати можливість використання отриманих показників для оцінки ступеня забрудненості прісноводних водойм металами.

Модельні експерименти були проведені на коропах лускатих (*Cyprinus carpio* L.) та прісноводних молюсках (*Unio*

pictorum L.), яких відбирали з р. Серет (Тернопільський р-н, урочище Залісці). Для дослідження використовували риб дворічного віку масою 250-300 г та молюсків віком 6 років середньою довжиною 95±5 мм і вагою 82±3 г. Дослідження проводили в акваріумах об'ємом 200 дм^3, які заповнювали відстояною водопровідною водою, з підтриманням постійного газового та температурного режимів, які не відрізнялися від природних. У процесі експерименту риб та молюсків не годували. Досліджували вплив на гідробіонтів підвищених концентрацій іонів Mn^{2+} – 2,4 і 6,0 мг/дм^3; Zn^{2+} – 2,0 і 5,0 мг/дм^3; Cu^{2+} – 0,2 і 0,5 мг/дм^3 та Pb^{2+} – 0,2 і 0,5 мг/дм^3, що відповідали 2 та 5 гранично допустимим концентраціям – далі ГДК. Інтоксикації створювали внесенням в акваріумну воду, де знаходилися дослідні групи тварин, солей $MnCl_2 \cdot 4H_2O$, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ та $Pb(NO_3)_2$ класифікації х.ч. Аклімацію риб та молюсків здійснювали протягом 14 діб. Після зазначеного терміну у коропа відбирали тканину печінки, а у двостулкового молюска – гепатопанкреас (далі печінка).

Для визначення активності трансаміназ печінки відбирали наважку 1 г і гомогенізували з додаванням 5 мл буферу (0,001М ЕДТА на основі 0,22М розчину сахарози в 0,01 М трис-HCI буфері (pH=7,2)). Із гомогенату центрифугуванням отримували мітохондріальну та цитоплазматичну фракції. Аланін- та аспартатамінотрансферази (КФ 2.6.1.2 і 2.6.1.1) у фракціях тканин визначали колориметрично за Рейтманом і Франкелем [6]. Активність ферментів виражали в нмоль пірувату на мг білка за хвилину. Загальний вміст білків у тканинах досліджуваних тварин визначали за методом Лоурі та ін. [4]. Отримані результати піддавали статистичній обробці з використанням t-критерію Стьюдента для визначення вірогідної різниці.

Аналіз функціонування АсАТ у печінці коропа показав, що у цитоплазматичній фракції за впливу 2 ГДК іонів металу достовірних змін щодо контролю відмічено не було, тоді як за дії 5 ГДК іонів Mn^{2+} у воді спостерігалось зростання активності АсАТ у 4 рази. В мітохондріальній фракції печінки риб за дії 2 та 5 ГДК іонів металу активність АсАТ зростала у 1,8 та 5,7 рази відповідно. За дії 5 ГДК іонів мангану в цитоплазматичній фракції печінки молюска активність АсАТ практично не

змінюється, тоді як за 2 ГДК іонів Mn^{2+} відмічено зростання активності ферменту на 20%. У мітохондріальній фракції гепатоцитів активність досліджуваного ферменту в молюска зростає за впливу 2 ГДК у 2,4 рази, а за 5 ГДК – в 1,3 рази.

Вплив 2 та 5 ГДК іонів мангану на активність АлАТ у печінці риб призводив до зростання активності мітохондріальної АлАТ у 4,5 та 3,4 рази відповідно, тоді як активність цитоплазматичної форми фермента практично не змінювалася. Разом з тим, у молюсків дія 2 ГДК іонів Mn^{2+} призводила до зменшення активності АлАТ у цитоплазматичній фракції печінки на 29 % та до активації фермента в 1,6 рази у мітохондріальній. За впливу 5 ГДК іонів металу навпаки: зростала на 28% активність цитоплазматичної форми АлАТ та зменшувалася у 2 рази мітохондріальної.

Зміни за впливу цинку мали дещо інший характер. Так, за дії 2 та 5 ГДК іонів цинку в цитоплазматичній фракції печінці коропа відмічене зростання активності АсАТ на 64 та 15% відповідно. У мітохондріальній фракції активність АсАТ за впливу 2 і 5 ГДК іонів Zn^{2+} також зростала у 3,1 та 2,8 рази відповідно.

У печінці *U. pictorum* активність цитоплазматичної форми АсАТ зменшувалася в 2,1 рази за 2 ГДК і в 1,6 рази за 5 ГДК іонів цинку у воді. Разом з тим, було відмічене зростання активності мітохондріальної АсАТ за 2 ГДК іонів Zn^{2+} у 2,6 рази, а за впливу 5 ГДК – у 2,7 рази.

Щодо активності АлАТ, то у печінці риб було встановлено тенденцію до зниження активності ферменту в обох фракціях як за впливу 2, так і 5 ГДК іонів Zn^{2+}. В печінці молюсків за дії іонів цинку у кількості 2 ГДК було відмічене зниження активності цитоплазматичної і мітохондріальної форм АлАТ на 59% і 34% відповідно. Дія 5 ГДК іонів цинку призводила до зростання активності досліджуваного ферменту у 2,9 рази в цитоплазматичній та в 1,24 рази у мітохондріальній фракціях. Очевидно, підвищення активності АсАТ і АлАТ може бути спричинене пошкодженням печінки, що, у свою чергу, призводить до витоку цих ферментів із цитозолю печінки в кровотік [2]

За дії за дії 2 ГДК іонів Cu^{2+} в печінці коропа було

відмічено зниження активності АсАТ у цитоплазматичній фракції на 40% та зростання на 71% - у мітохондріальній. Вплив 5 ГДК металу призводив до інгібування на 47 % мітохондіріальної АсАТ печінки риб. У мітохондріальній фракції гепатоцитів молюсків за дії 0,2 мг/дм^3 та 0,5 мг/дм^3 іонів купруму у воді спостерігалося зростання активності АсАТ в 2,8 та 3,2 рази відповідно. В цитоплазматичній фракції печінки молюска активність АсАТ зменшувалася в 2,6 рази за впливу 2 ГДК іонів купруму і практично не змінювалася за дії 5 ГДК іонів металу у воді.

Аналіз показників функціонування АлАТ у тканинах риб показав, що в цитоплазматичній фракції печінки коропа активність АлАТ за дії 2 ГДК іонів купруму не змінювалалася щодо контролю, а за 5 ГДК – зростала на 37%. В мітохондріальній фракції печінки коропа активність АлАТ зменшувалася за дії 2 ГДК іонів Cu^{2+} на 47 % і практично не змінювалася за 5 ГДК іонів металу у воді. В печінці молюска зафіксовано зменшення в 4 рази активності АлАТ в цитоплазматичній фракції за 2 ГДК, і зростання активності у 2,3 рази за впливу 5 ГДК іонів купруму. У мітохондріальній фракції печінки молюска за дії 2 ГДК Cu^{2+} у воді активність АлАТ зменшувалася в 2 рази, а за 5 ГДК - у 2,3 рази, що підтверджує високу токсичність металу для мітохондрій *Unio pictorum* L.

Плюмбум на відміну від попередніх металів є неесенціальним дуже токсичним для риб металом. Аналіз отриманих даних показав, що в печінці активність цитоплазматичної форми АсАТ зменшується на 30 % за 2 ГДК іонів Pb^{2+} у воді і практично не змінюється за впливу 5 ГДК токсиканту. У мітохондріальній фракції печінки коропа за дії 2 та 5 ГДК мало місце зростання активності АсАТ у 7,5 та 6,2 рази відносно контрольних величин. Ймовірно, за дії токсиканта відбувається порушення фізико-хімічних властивостей мітохондріальних мембран, в результаті чого вивільняються зв’язані, неактивні форми вказаного ферменту.

У печінці *U. pictorum,* в обох фракціях, спостерігалося зменшення активності АсАТ за 2 ГДК і збільшення за – 5 ГДК іонів плюмбуму у воді. Так, в цитоплазматичній фракції активність АсАТ зменшується в 2,3 рази за інкубації до 2 ГДК токсиканта і зростає на 29% за 5 ГДК іонів металу. У

мітохондріальній фракції активність АсАТ знижувалася на 34% за дії 2 ГДК іонів плюмбуму і збільшувалася на 32% за вмісту 5 ГДК.

Значення активності цитоплазматичної АлАТ в печінці коропа за обох досліджуваних концентрацій іонів металу у воді близькі до контрольних. У мітохондріальній фракції активність досліджуваного ферменту зростала пропорційно концентрації іонів Pb^{2+} у воді: за дії 2 ГДК в 2,0 рази, а за 5 ГДК – у 2,6 рази. У цитоплазматичній фракції печінки двостулкових молюсків, активність АлАТ зростає за дії 2 ГДК іонів Pb^{2+} в 1,3 рази, а за впливу 5 ГДК токсиканта – у 2,8 рази. За дії 2 та 5 ГДК іонів плюмбуму в мітохондріальній фракції печінки коропа активність АлАТ знижувалася у 2,7 і 2,1 рази відповідно.

Отже, функціонування трансаміназ відображає зміни інтенсивності та спрямованості обмінних процесів в організмі досліджуваних гідробіонтів за інтоксикації металами. Адаптація водних тварин до дії іонів важких металів полягає у мобілізації пулу амінокислот і перебудові обміну речовин у напрямку протидії на вплив зовнішнього стрес-чинника.

Результати наших досліджень свідчать про те, що зміни показників активності АсАТ та АлАТ в печінці гідробіонтів за токсичного впливу металів мають видову специфіку, залежать від природи та концентрації металу у воді, А також субклітинної локалізації ферментів.

Список літератури

1. Abdel-Tawwab M., El-Sayed G.O., Shady S.H. Growth, biochemical variables, and zinc bioaccumulation in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) as affected by water-born zinc toxicity and exposure period. *Int. Aquat. Res*. 2016. Vol. 8. P. 197–206.
2. Firat O., Kargin F. Individual and combined effects of heavy metals on serum biochemistry of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 2010. Vol. 58. P. 151–157.
3. Khomenchuk V. O., Balaban R. B., Chen I. B., Kurant V. Z. Comparative Characteristics of Glutamate Dehydrogenase Functioning in *Cyprinus carpio* and *Unio pictorum* under the

Impact of Elevated Metal Ions Concentrations. *Hydrobiol. J.* 2022. Vol. 58(1). P. 45-55.
4. Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L., Randall R.J. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 1951. Vol. 193(1). P. 265–75.
5. Malik D.S., Maurya P.K. Heavy metal concentration in water, sediment, and tissues of fish species (Heteropneustis fossilis and Puntius ticto) from Kali River, India. *Toxicol. Environ. Chem.* 2014. Vol. 96(8). P. 1195-1206.
6. Reitman S., Frankel S. Colorimetric determination of glutamic oxaloacetic and glutamic pyruvic transaminases. *Am. J. Clin. Path.* 1957. Vol. 28. P. 53–56.

УДК 374.147

РОЗВИТОК МИСЛЕННЯ УЧНІВ НА ОСНОВІ КОМПЛЕКСУ ДИДАКТИЧНИХ ЗАВДАНЬ З ХІМІЇ

Чорна М.Т., Гладюк М.М.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: nnglad@tnpu.edu.ua

Приступаючи до написання статті, ми ставили за мету з'ясувати: в чому полягають пріоритетні напрямки розвитку освіти в Україні, які завдання в плані підготовки учнів ставляться перед загальноосвітньою школою, в чому суть розвиваючого навчання, яке місце тестів в його реалізації.

Розробкою та обґрунтуванням концептуальних положень розвиваючого навчання займались видатні педагоги, психологи та методисти сучасності – Н.М. Буринська (методика викладання хімії), Д.Б. Ельконін та В.В. Давидов (теоретична розробка курсів та методичного забезпечення для різних типів загальноосвітніх закладів), В.С. Біблер (розвиваюча система "Школа діалогу культур") та Ш.О. Амонашвілі (система психічного розвитку молодших школярів на основі реалізації принципу співробітництва). Названі системи перебувають на різних ступенях розробленості, по-різному методично забезпечені, що і пояснює їх недостатнє в цілому поширення. На основі