

ЕКОЛОГІЯ

УДК 597.554.3 –11: 547.235.2 574.64 (28)

doi:10.25128/2078-2357.19.1.7

К. КОФОНОВ, О.С. ПОТРОХОВ, О.Г. ЗІНЬКОВСЬКИЙ

Інститут гідробіології НАН України, Київ, Україна
пр.-т Героїв Сталінграду, 12, Київ, 04210
e-mail: kirillkofonov16@gmail.com

ВПЛИВ АМОНІЙНОГО АЗОТУ НА БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ МОЛОДІ КАРАСЯ СРІБЛЯСТОГО (*CARASSIUS AURATUS GIBELIO* B.)

Досліджено вплив підвищених концентрацій амонійного азоту на фізіолого-біохімічний стан молоді карася сріблястого (*Carassius auratus gibelio* B.). Показано адаптаційні реакції молоді на дію йонів амонію, які проявлялися у зміні активності ферментів енергетичного обміну, зокрема лактатдегідрогенази (ЛДГ) та сукцинатдегідрогенази (СДГ). Встановлено чинники, що призводять до змін вмісту білка, загальних ліпідів, глікогену в м'язах та зябрах, а також вмісту глюкози в плазмі крові.

Ключові слова: карась сріблястий, молодь риб, амонійний азот, адаптація, білок, ліпіди, глікоген, глюкоза, ЛДГ, СДГ

Антропогенне навантаження суттєво погіршує екологічний стан навколишнього середовища, зокрема і водного [1]. Забруднення водою токсичними речовинами безперечно впливає на проходження метаболічних процесів у риб, призводить до істотного зниження чисельності та життєстійкості гідробіонтів, зокрема і молоді риб [2].

В Україні відзначається інтенсивний розвиток міських агломерацій, що супроводжується збільшенням частки населення та площі міст. Функціонування міських водогосподарських комплексів є важливим чинником впливу на кількісні та якісні показники водних об'єктів, роль якого невпинно зростає. Встановлено, що у поверхневих водах басейну р. Дніпро найбільш істотно змінюється концентрація біогенних елементів (фосфат-йонів та неорганічних форм азоту). Ці сполуки є основною складовою господарсько-побутових стоків [3, 4].

Питання щодо токсичності неорганічних форм азоту, зокрема найбільш токсичної їх форми – аміаку, для водяних тварин, особливо для риб, досить широко досліджено й висвітлено в сучасній літературі [5, 6]. Встановлено, що у риб, які знаходилися під дією високих концентрацій аміаку, проявлялися наступні симптоми отруєння: підвищена рухливість, висока швидкість руху, порушення координації руху, зростання інтенсивності дихання, судоми, плавання по спіралі, спроби заковтнути повітря з поверхні води, збільшення слизової секреції зябер і поверхневих покривів тіла, крововиливи в зябрах і потемніння шкіри. Показано, що концентрація аміаку у воді вище 0,2 мг/дм³ знижує життєстійкість риб [7]. Але вплив амонійного азоту на фізіолого-біохімічний стан молоді риб, зокрема карася сріблястого, досліджено не достатньо.

Тому метою наших досліджень було визначити зміни фізіолого-біохімічного стану молоді карася сріблястого за хронічної дії підвищених концентрацій амонійного азоту.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводилося на Білоцерківській експериментальній гідробіологічній станції Інституту гідробіології НАН України в модельних умовах. Молодь карася сріблястого (*Carassius auratus gibelio* В.) утримувалася в акваріумах об'ємом 30 дм³ з концентрацією амонійного азоту 0,1 мг N/дм³ (контроль); 1,0; 2,5; 5,0 та 15,0 мг N/дм³ протягом 14 діб. Контрольна група риб знаходилася в аналогічному за об'ємом акваріумі з водою з р. Рось, у якій вміст амонійного азоту достовірно менший за ГДК_{рибогосп.} [8]. Під час проведення експерименту проводилася щоденна підміна води обсягом 1/3 від загального об'єму і вносилися відповідна, кратна початковій концентрація хлориду амонію, для підтримання сталих умов.

Після закінчення експерименту в лабораторних умовах визначали біохімічні показники молоді карася у крові, зябрах та м'язах. Відбір крові проводився за допомогою інсулінових шприців з гепарином або пастерівською піпеткою. Вміст білка встановлювали за Лоурі [9], рівень загальних ліпідів визначався за допомогою комерційного набору «Загальні ліпіди» (Філісіт-Діагностика, Україна), кількість глікогену антроновим методом [10]. Вміст глюкози у крові визначали глюкозооксидазним методом за допомогою комерційного набору «Глюкоза-Ф» (Філісіт-Діагностика, Україна). Біохімічні дослідження проводилися за допомогою спектрофотометра СФ-26 та фотоелектроколометра КФК-2МП.

Результати досліджень та їх обговорення

Відомо, що важливу роль в метаболізмі, рості, розвитку та адаптації риб до токсичного навантаження відіграють білки [11]. За біохімічними дослідженнями встановлено, що вміст білка у м'язах за концентрації 1,0 мг N/дм³ збільшувався на 7% порівняно до контролю щодо їх участі в процесах детоксикації надлишкового аміаку в них. Проте, у зябрах спостерігалось зниження вмісту білка на 16% відносно контролю. Вірогідно зябра в процесах екскреції аміаку з організму через хлоридні клітини частково втрачають білкові сполуки. За концентрації амонію 1,0 мг N/дм³ карась здатний досягати необхідного рівня толерантності до нього і в організмі активно відбуваються процеси компенсації токсичного впливу. За концентрації амонію 2,5 мг N/дм³ (2,5 ГДК) відмічене зниження вмісту білка на 20–22% в обох досліджених тканинах (рис.1). Можливо, білок як альтернативне джерело енергії утилізується для енергетичного забезпечення процесів детоксикації та екскреції амонію та аміаку [12]. За 5,0 та 15,0 мг N/дм³ кількість білка вже знижується на 54% у м'язах та 25–27% в зябрах порівняно до контролю. Це свідчить, що істотна концентрація амонійного азоту спричиняє очевидне виснаження захисних ресурсів молоді карася.

Щодо вмісту загальних ліпідів в м'язах та зябрах, то при підвищенні концентрації амонію з 0,1 до 2,5 мг N/дм³ їх рівень зростав прямопропорційно підвищенню концентрації токсиканту та був вищим на 28–31% при максимальній концентрації (див. рис.1). Це вказує на те, що ліпіди залучені в адаптаційних процесах до дії токсиканту, зокрема в ущільненні ліпідної складової мембран клітин [13]. Безперечно, це є однією з основних компенсаторних реакцій на негативний вплив йонів амонію. З подальшим зростанням концентрації йонів амонію та внаслідок досягнення межі адаптаційних можливостей молоді карася відмічалось зниження вмісту загальних ліпідів на 17–30% в м'язах при концентрації 5,0 та 15,0 мг N/дм³ амонію та зябрах на 9–20% відносно контролю.

Відомо, що зябра не запасують ліпіди і тому їх вміст у більшості видів риб знаходиться на певному рівні, однак й може змінюватися за дії несприятливих чинників [14]. Зябра безпосередньо контактують із навколишнім середовищем, підлягають прямому впливу забруднюючих речовин, наслідком чого може бути пригнічення загального обміну речовин, але при активації процесів ліполізу, що приводить до зниження вмісту ліпідів у їх тканинах [15]. Саме зябра приймають активну участь в процесах азотного обміну та виведенню аміаку з організму в якості метаболічного залишку [16].

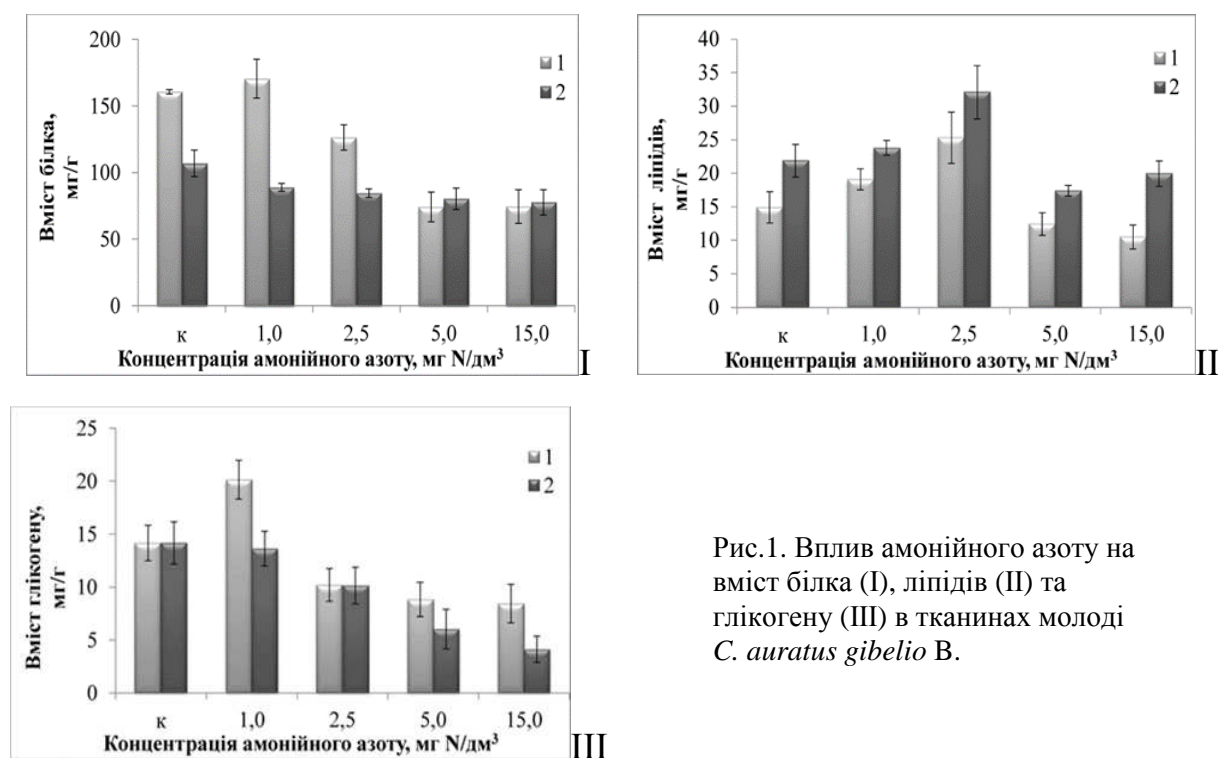


Рис.1. Вплив амонійного азоту на вміст білка (I), ліпідів (II) та глікогену (III) в тканинах молоді *C. auratus gibelio* В.

Вміст глікогену як у м'язах, так і в зябрових пелюстках за дії підвищення концентрації амонію достовірно знижувався відносно контролю. У м'язах при концентрації амонію 1 мг N/дм³ вміст глікогену дещо зростає через активацію гліконеогенезу, а потім за підвищення концентрації до 2,5–15,0 мг N/дм³ знижується на 27%, 37%, 41% залежно від рівня амонію порівняно до контролю (див. рис. 1). Це відбувається внаслідок зростання енергетичних потреб у процесах детоксикації амонію. У зябрах за рахунок активної участі в процесах екскреції токсиканта вміст глікогену також знижувався на 4%, 28%, 57%, 71% відносно контролю по мірі зростання концентрації амонійного азоту. Це свідчить про пропорційні енерговитрати при токсичному навантаженні на організм [17].

З літературних джерел відомо, що за токсичного навантаження організм витрачає значно більшу кількість енергії для підтримки гомеостазу, адже біохімічні адаптивні відповіді протікають із залученням великої кількості енергоємних сполук, таких як глюкоза, глікоген і білки [18, 19].

За хронічної дії амонійного азоту на молодь карася сріблястого було встановлено, що концентрація 1,0 мг N/дм³ призводить до підвищення рівня глюкози в крові на 34% порівняно до контролю. При подальшому підвищенні концентрації токсиканту рівень глюкози в плазмі крові поступово знижується до контрольних значень (рис. 2). Так, за дії 1,0 мг N/дм³ вміст глюкози в крові карася сріблястого становив 8,34 ммоль/дм³, при 2,5 мг N/дм³ – 7,17 ммоль/дм³, при 5,0 мг N/дм³ – 6,78 ммоль/дм³, при 15,0 мг N/дм³ – 6,33 ммоль/дм³, в контролі – 6,22 ммоль/дм³.

З результатів дослідження ми можемо зробити припущення, що значне підвищення рівню глюкози в плазмі крові за дії токсиканту, може бути викликано її утворенням із неуглеводневих речовин, як це показано за токсичного стресу у риб [20]. Про це також свідчить зниження вмісту білків і ліпідів, які можливо частково задіяні в цих процесах [14].

Важливим ферментом вуглеводневого обміну в тканинах риб є лактатдегідрогеназа (ЛДГ), яка забезпечує взаємоперетворення лактату і пірувату – кінцевих продуктів гліколізу. Визначення та порівняння її активності з активністю інших ферментів енергетичного обміну дозволяє судити про переважання гліколізу або аеробного окиснення вуглеводів в організмі. Як правило перехід організму на анаеробний метаболізм є одним з критеріїв, який вказує на розвиток патології, спричиненої наприклад дією токсикантів [21]. Зміна активності ЛДГ чітко

вказує на токсичний вплив на організм, зокрема молоді риби [22], та характеризує протікання енергетичних процесів пристосування до умов навколишнього середовища [23, 27].

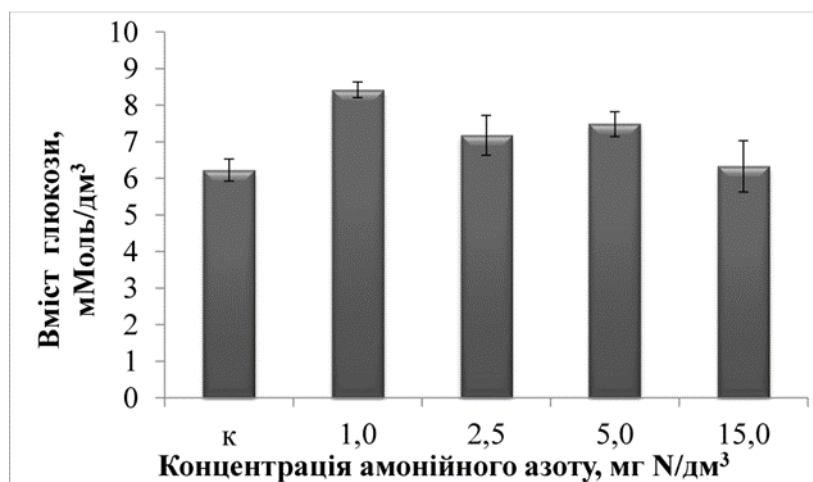


Рис. 2. Вплив амонійного азоту на вміст глюкози в плазмі крові молоді *C. auratus gibelio* В.

Підвищення активності ЛДГ в тканинах риби свідчать про наявність стресових ситуацій [24, 25, 26].

Сукцинатдегідрогеназа (СДГ) – це фермент аеробного розщеплення вуглеводів. З літературних джерел відомо, що за рівнем його активності можливо визначити наявність стресових явищ, наприклад, впливу підвищених концентрацій амонійного азоту на тіляпію мозамбікську. Активність СДГ використовується як маркерний показник, її активність у хлоридних клітинах зябер є індикатором ступеню йонного обміну, у тому числі екскреції ними аміаку [28].

Як показали дослідження, активність СДГ у зябрах знижується у 7, 19 та 38 разів прямопропорційно підвищенню концентрації з 2,5 до 15,0 мг N/дм³ токсиканту відповідно до контролю (рис. 3). Активність ЛДГ в них у молоді карася сріблястого за концентрації амонію 1,0 мг N/дм³ знижується на 46% відносно контролю, що свідчить про переважання аеробних обмінних процесів. Надалі з підвищенням концентрацій амонію до 5,0 та 15,0 мг N/дм³ її активність достовірно зростає на 16 та 25% порівняно до контролю (рис. 3). Це свідчить про зміни обміну речовин в бік переважання анаеробних процесів, викликаних дією високих концентрацій токсиканту на зябра.

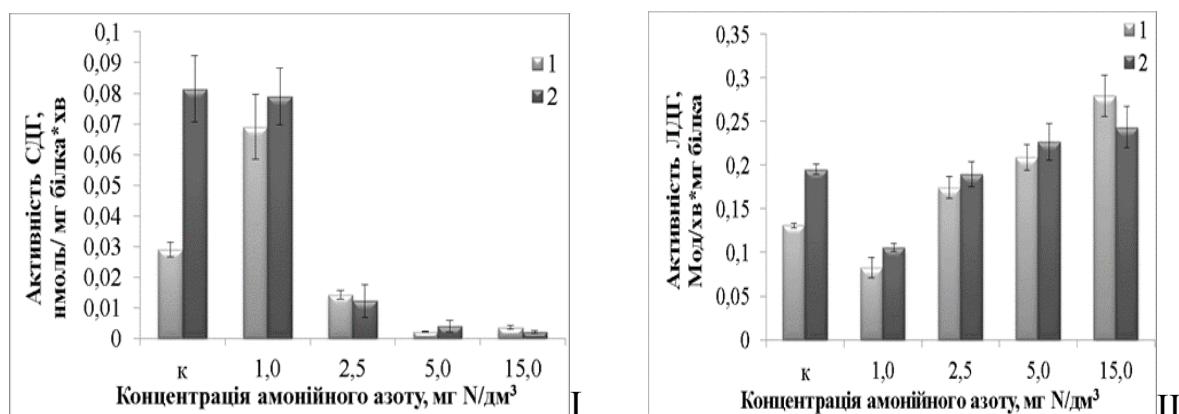


Рис. 3. Вплив амонійного азоту на активність СДГ (I) та ЛДГ (II) в тканинах молоді *C. auratus gibelio* В.

Примітки: 1 – м'язи, 2 – зябра.

На рис. 3 видно, що активність ЛДГ у м'язах при концентрації 1,0 мг N/дм³ достовірно знижується на 37% порівняно до контролю, тоді як активність СДГ зростає у 2,3 рази. Це свідчить про нормальний перебіг окисно-відновних процесів у м'язах. Цей факт також підтверджується несуттєвим зростанням вмісту деяких енергоємних сполук, таких, як загальний білок та глікоген. З підвищенням концентрації амонію активність ЛДГ у м'язах зростає та переважає її рівень у контролі на 25%, 37% та 53% за концентрацій 2,5; 5,0 та 15,0 мг N/дм³. При цьому встановлено зниження активності СДГ у м'язах молоді карася сріблястого, прямопропорційне концентрації амонію у 2; 13 та 8 разів за 2,5; 5,0 та 15,0 мг N/дм³ відносно значень контролю.

Таким чином, під впливом йонів амонію відмічено пригнічення активності окисних процесів в організмі, яке проявляється у зниженні активності СДГ та переважанні гліколізу при підвищенні активності ЛДГ в м'язах та зябрах молоді карася сріблястого [29]. Виходячи з цього припускаємо, що має місце порушення нормального перебігу окисно-відновних процесів та активізації гліколізу як відповіді організму на забезпечення значних енергопотреб.

Висновки

Таким чином, молодь карася сріблястого під дією підвищених концентрацій амонійного азоту у воді знаходиться в стані хронічного токсичного стресу. За впливу йонів амонію істотно змінюється фізіолого-біохімічний стан риб. Стресові реакції підвищують інтенсивність обмінних процесів у м'язах та зябрах молоді карася, які супроводжуються використанням значної кількості енергоємних сполук, зокрема глікогену та білка, для належного енергозабезпечення процесів протидії шкідливому впливу токсиканту. З отриманих результатів видно, що спочатку у міру збільшення концентрації йонів амонію відбувається незначне зростання вмісту білка з наступним його зниженням в тканинах м'язів та зябер при зменшенні вмісту глікогену в них. Це вказує на посилення розвитку стрес-реакцій, як основних механізмів захисту і протидії токсиканту та пов'язаних з цими процесами енерговитрат.

За хронічної дії підвищеної концентрації амонійного азоту підвищується рівень глюкози в плазмі крові молоді карася сріблястого за рахунок розщеплення глікогену.

Зміни активності ферментів енергетичного обміну (ЛДГ та СДГ) в тканинах молоді карася сріблястого за тривалої дії високих концентрацій токсиканту вказують на частковий перехід метаболізму на анаеробні процеси. Таким чином, зростання активності ЛДГ при зниженні активності СДГ є проявом адаптаційних реакцій та вказує про наявність стресових умов, спричинених токсикантом. Ці реакції характеризують протікання обмінних процесів, спрямованих на пристосування до умов навколишнього середовища.

1. Булатова А.А. Антропогенное воздействие на окружающую среду и здоровье человека / А.А. Булатова, Н.К. Антропова // Новое слово в науке: перспективы развития. Мат. VI междунар. науч.- практ. конф. (Чебоксары, 20 нояб. 2015 г.). — Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2015. — С. 236—237.
2. Дудник С.В. Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування, [Монографія] / С.В. Дудник, М.Ю. Євтушенко. — К.: Вид-во Українського фітосоціологічного центру, 2013. — 297 с.
3. Хільчевський В.К. Гідроекологічний стан басейну річки Рось / [В.К. Хільчевський, С.М. Курило, С.С. Дубняк та ін.]. — К.: Ніка-Центр, 2009. — 115 с.
4. Дзюбенко О.В. Екологічний стан малих річок Лівобережної України / О.В. Дзюбенко, А.В. Можаровська // Молодий вчений. — 2017. — № 2. — С.4—7.
5. Alabaster J.S. Water quality criteria for freshwater fish / J.S. Alabaster, R. Lloyd. — London: Butterworth, 1980. — P. 85—102.
6. Report on ammonia and inland fisheries. European Inland Fisheries Advisory Commission / Working party on water quality criteria for European freshwater fish. — FAO of the UN. / EIFAC, Rome — 1970. — 12 p.
7. Abdalla A. Effect of chronic ammonia exposure on growth performance, serum growth hormone (GH) levels and gill histology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) / A. Abdalla, El-Shebly, Heba Allah M.J. Gad // Microbiol. Biotech. Res. — 2011. — 1 (4). — P.183—197.
8. Вода рибогосподарських підприємств. Загальні вимоги та норми : СОУ-05.01.-37-385:2006 / [Чинний від 2007—07—16]. — К.: Міністерство аграрної політики України, 2006. — С. 7.

9. Lowry O.H. Protein measurement with the folin phenol reagent / [O.H. Lowry, N.J. Rosebrough, A.L. Farr, R.J. Randall // *Journal of Biological Chemistry*. — 1951. — 193, № 1. — P. 265—275.
10. Шапиро Д.К. Практикум по биологической химии. — Минск, Вышэйшая школа. — 1976. — 288 с.
11. Мурадова Г.Р. Динамика содержания белков в сыворотке крови сеголеток карпа при хроническом воздействии тяжелых металлов / Г.Р. Мурадова, А.И. Рабаданова // *Успехи современного естествознания*. — 2012. — № 7. — С.58—62.
12. Потрохов О.С. Фізіолого-біохімічні механізми адаптації риб до змін екологічних чинників водного середовища: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. біол. наук: 03.00.10. К.: ІГБ НАН України, 2011. — 44 с.
13. Шульман Г.Е. ДГК и ненасыщенность липидов у рыб / Г.Е. Шульман, Т.Г. Юнева // *Гидробиол.журн.* — 1990. — Т. 26, № 6. — С. 50—55.
14. Лав Р.М. Химическая биология рыб / Р. М. Лав. — М.: Пищ. пром-сть, 1976. — 349 с.
15. Бияк В.Я. Аналіз гідрохімічних показників малих річок Західного Поділля / В.Я. Бияк, Б.З. Ляврін, В.О. Хоменчук // *Наукові записки Тернопільського нац. пед. університету ім. В. Гнатюка. Серія Біологія*. — 2010. — № 4. — С. 115—121.
16. Спотт С. Содержание рыбы в замкнутых системах / С. Спотт. — М.: Легк. и пищ. пром-сть, 1983. — 192 с.
17. Потрохов О.С. Сезонні зміни загальних біохімічних показників коропів під впливом сполук алохтонного азоту / О.С. Потрохов, О.Г. Зіньковський, Н.О. Могилевич // *Рибгосподарська наука України*. — 2010. — № 2. — С. 72—79.
18. Романенко В.Д. Гормональный механизм энергообеспечения адаптации рыб к воздействию минерального азота / В.Д. Романенко, А.С. Потрохов // *Гидробиол. журн.* — 2010. — Т. 46, № 6. — С.58—66.
19. Prychepa M.V. Hormonal Regulation of Adaptive Processes in Fishes to Impact of Abiotic factors (a Review) / M.V. Prychepa, O.S. Potrokhov // *Hydrob. J.* — 2016. — V. 52, i 3. — P. 86—98.
20. Грубинко В.В. Роль глюкозо-аланинового цикла в обеспечении аммонийного гомеостаза у рыб в экстремальных условиях / В.В. Грубинко, А.А. Жиденко, А.Ф. Явоненко // *Экологическая физиология и биохим. рыб.* — Петрозаводск: Изд-во Карел. научн. центра РАН, 1992. — Т. 1. — С. 76—78.
21. Хочачка П. Биохимическая адаптация / П. Хочачка, Дж. Сомеро. — М.: Мир, 1988. — 568 с.
22. Kaplan L.A. *Clinical Chemistry: Theory, Analysis, Correlation* / L.A. Kaplan, A.J. Pesce. — St. Louis, MO: Mosby. — 1996. — 1064 p.
23. Зіньковський О.Г. Активність лактатдегідрогенази у деяких видів риб з різних популяцій / О.Г. Зіньковський, О.С. Потрохов, Ю.М. Худіяш, В.П. Пустовгар // *Наукові записки Тернопільського нац. пед. університету ім. В. Гнатюка. Сер. Біологія*. — 2011. — Вип. 2 (47). — С. 182—186.
24. Diamantino T.C. Lactate dehydrogenase activity as an effect criterion in toxicity tests with *Daphnia magna* Straus / T.C. Diamantino, E. Almeida, A.M. Soares, V.M. Guilhermino // *Chemosphere*. — 2001. — 45 (4-5). — P. 553—560.
25. Oluah N.S. Effect of exposure to sublethal concentrations of gammalin 20 and actellic 25 ec on the liver and serum lactate dehydrogenase activity in the fish *Clarias albopunctatu* / N.S. Oluah, J.C. Ezigbo, N.C. Anya // *Animal Research International*, — 2005. — Vol. 2, № 1. — P. 231—234.
26. Velisek J. Effects of acute exposure to bifenthrin on some haematological, biochemical and histopathological parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / J. Velisek, Z. Svobodova, V. Piackova // *Veterinarni Medicina*. — 2009. — Vol. 54, № 3. — P. 131—137.
27. Rajamanickam V. Effect of heavy metals induced toxicity on metabolic biomarkers in common carp (*Cyprinus carpio* L.) / V. Rajamanickam, N. Muthuswamy // *Maejo Intern J Sci Technol.* — 2008. — Vol. 2, № 1. — P. 192—200.
28. Mukherjee S. Acclimation Induced Responses of SDH Activity of Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) Following Introduction in a New Pond Habitat / S. Mukherjee, Ch. Pradhan, B.B. Jana / *Journal of Applied Aquaculture*. — 2009. — Vol. 21, № 3. — P. 169 —182.
29. Романенко В.Д. Кальций и фосфор в жизнедеятельности гидробионтов. / В.Д. Романенко, О.М. Арсан, В.Д. Соломатина. — К.: Наукова думка — 1982. — 152 с.

References

1. Bulatova A.A. Antropogennoe vozdeystvie na okruzhaiushchuiu srediu i zdorov'e cheloveka / A.A. Bulatova, N.K. Antropova // *Novoe slovo v nauke: perspektivy razvitiia. Mat. VI mezhdunar. nauch.– prakt. konf. (Cheboksary, 20 noiab. 2015 g.)*. — Cheboksary: TsNS «Interaktiv plus», 2015. — S. 236—237. (in Russian).
2. Dudnyk S.V. Vodna toksykologhiia: osnovni teoretychni polozhennia ta ikhnie praktychne zastosuvannia, [Monohrafiia] / S.V. Dudnyk, M.Yu. Ievtushenko. — K.: Vyd-vo Ukrain's'koho fitosotsiologichnoho tsentru, 2013. — 297 s. (in Ukrainian).

3. Khil'chevs'kyy V.K. Hidroekolohichnyy stan baseynu richky Ros' / [V.K. Khil'chevs'kyy, S.M. Kurylo, S.S. Dubniak ta in.]. — K.: Nika-Tsentr, 2009. — 115 s. (in Ukrainian).
4. Dziubenko O.V. Ekolohichnyy stan malykh richok Livoberezhnoi Ukrainy / O.V. Dziubenko, A.V. Mozharovs'ka // Molodyy vcheny. — 2017. — No 2. — S.4—7. (in Ukrainian).
5. Alabaster J.S. Water quality criteria for freshwater fish / J.S. Alabaster, R. Lloyd. — London: Butterworth, 1980. — P. 85—102.
6. Report on ammonia and inland fisheries. European Island Fisheries Advisory Commission / Working party on water quality criteria for European freshwater fish. — FAO of the UN. /EIFAC, Rome — 1970. — 12 p.
7. Abdalla A. Effect of chronic ammonia exposure on growth performance, serum growth hormone (GH) levels and gill histology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) / A. Abdalla, El-Shebly, Heba Allah M.J. Gad // Microbiol. Biotech. Res. — 2011. — 1 (4). — P.183—197.
8. Voda rybohospodars'kykh pidpriemstv. Zahal'ni vymohy ta normy : SOU-05.01.-37-385:2006 / [Chynnyy vid 2007—07—16]. — K.: Ministerstvo ahrarynoy polityky Ukrainy, 2006. — S. 7. (in Ukrainian).
9. Lowry O.H. Protein measurement with the folin phenol reagent / [O.H. Lowry, N.J. Rosebrough, A.L. Farr, R.J. Randall // Journal of Biological Chemistry. — 1951. — 193, № 1. — P. 265—275.
10. Shapiro D.K. Praktikum po biologicheskoy khimii. — Minsk, Vysheys'haia shkola. — 1976. — 288 s. (in Russian).
11. Muradova G.R. Dinamika soderzhaniia belkov v syvorotke krovi segoletok karpa pri khronicheskomykh vozdeystvii tiazhelykh metallov / G.R. Muradova, A.I. Rabadanova // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia. — 2012. — No 7. — S.58—62. (in Russian).
12. Potrokhov O.S. Fizioloho-biokhimichni mekhanizmy adaptatsii ryb do zmin ekolohichnykh chynnykh vodnoho seredovyshcha: avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia dokt. biol. nauk: 03.00.10. K.: IHB NAN Ukrainy, 2011. — 44 s. (in Ukrainian).
13. Shul'man G.E. DGK i nenasyshchennost' lipidov u ryb / G.E. Shul'man, T.G. Iuneva // Hidrobiol.zhurn. — 1990. — T. 26, No 6. — S. 50—55. (in Russian).
14. Lav R.M. Khimicheskaiia biologiiia ryb / R. M. Lav. — M.: Pishch. prom-st', 1976. — 349 s. (in Russian).
15. Byiak V.Ya. Analiz hidrokhimichnykh pokaznykh malykh richok Zakhidnoho Podillia / V.Ya. Byiak, B.Z. Liavrin, V.O. Khomenchuk // Naukovi zapysky Ternopil's'koho nats. ped. universytetu im. V. Hnatiuka. Serii Biolohiia. — 2010. — No 4. — S. 115—121. (in Ukrainian).
16. Spott S. Soderzhanie ryby v zamknutykh sistemakh / S. Spott. — M.: Legk. i pishch. prom-st', 1983. — 192 s. (in Russian).
17. Potrokhov O.S. Sezonnii zminy zahal'nykh biokhimichnykh pokaznykh koropiv pid vplyvom spoluk alokhtonnoho azotu / O.S. Potrokhov, O.H. Zin'kovs'kyy, N.O. Mohylevych // Rybohospodars'ka nauka Ukrainy. — 2010. — No. 2. — S. 72—79. (in Ukrainian).
18. Romanenko V.D. Gormonal'nyy mekhanizm energoobespecheniia adaptatsii ryb k vozdeystviiu mineral'nogo azota / V.D. Romanenko, A.S. Potrokhov // Hidrobiol. zhurn. — 2010. — T. 46, No 6. — S.58—66. (in Russian).
19. Prychepa M.V. Hormonal Regulation of Adaptive Processes in Fishes to Impact of Abiotic factors (a Review) / M.V. Prychepa, O.S. Potrokhov // Hydrob. J. — 2016. — V. 52, i 3. — P. 86—98/
20. Grubinko V.V. Rol' gliukozo-alaninovogo tsikla v obespechenii ammoniynogo gomeostaza u ryb v ekstremal'nykh usloviiakh / V.V. Grubinko, A.A. Zhidenko, A.F. Iavonenko // Ekologicheskaiia fiziologiiia i biokhim. ryb. — Petrozavodsk: Izd-vo Karel. nauchn. tsentra RAN, 1992. — T. 1. — S. 76—78. (in Russian).
21. Khochachka P. Biokhimicheskaiia adaptatsiia / P. Khochachka, Dzh. Somero. — M.: Mir, 1988. — 568 s. (in Russian).
22. Kaplan L.A. Clinical Chemistry: Theory, Analysis, Correlation / L.A. Kaplan, A.J. Pesce. — St. Louis, MO: Mosby. — 1996. — 1064 p.
23. Zin'kovs'kyy O.H. Aktyvnist' laktatdehidrogenazy u deiaknykh vydiv ryb z riznykh populatsiy / O.H. Zin'kovs'kyy, O.S. Potrokhov, Yu.M. Khudiiash, V.P. Pustovhar // Naukovi zapysky Ternopil's'koho nats. ped. universytetu im. V. Hnatiuka. Ser. Biolohiia. — 2011. — Vyp. 2 (47). — S. 182—186. (in Ukrainian).
24. Diamantino T.C. Lactate dehydrogenase activity as an effect criterion in toxicity tests with *Daphnia magna* Straus / T.C. Diamantino, E. Almeida, A.M. Soares, V.M. Guilhermino // Chemosphere. — 2001. — 45(4-5). — P. 553—560.
25. Oluah N.S. Effect of exposure to sublethal concentrations of gammalin 20 and actellic 25 ec on the liver and serum lactate dehydrogenase activity in the fish *Clarias albopunctatus* / N.S. Oluah, J.C. Ezigbo, N.C. Anya // Animal Research International, — 2005. — Vol. 2, № 1. — P. 231—234.
26. Velisek J. Effects of acute exposure to bifenthrin on some haematological, biochemical and histopathological parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / J. Velisek, Z. Svobodova, V. Piackova // Veterinarni Medicina. — 2009. — Vol. 54, № 3. — P. 131—137.

27. Rajamanickam V. Effect of heavy metals induced toxicity on metabolic biomarkers in common carp (*Cyprinus carpio* L.) / V. Rajamanickam, N. Muthuswamy // Maejo Intern J Sci Technol. — 2008. — Vol. 2, № 1. — P. 192—200.
28. Mukherjee S. Acclimation Induced Responses of SDH Activity of Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) Following Introduction in a New Pond Habitat / S. Mukherjee, Ch. Pradhan, B.B. Jana / Journal of Applied Aquaculture. — 2009. — Vol. 21, № 3. — P. 169 —182.
29. Romanenko V.D. Kal'tsiy i fosfor v zhiznedeiatel'nosti gidrobiontov. / V.D. Romanenko, O.M. Arsan, V.D. Solomatina. — K.: Naukova dumka — 1982. — 152 s. (in Russian).

K. Kofonov, O.S. Potrokhov, O.G. Zinkovskiy
Institute of Hydrobiology NAS of Ukraine, Ukraine

THE INFLUENCE OF AMMONIUM NITROGEN ON THE BIOCHEMICAL PARAMETERS OF YOUNG PRUSSIAN CARP (*CARASSIUS AURATUS GIBELIO* B.)

The influence of elevated ammonium nitrogen concentrations on the physiological and biochemical state of young Prussian carp (*Carassius auratus gibelio* B.) has been studied. It was established that fish under the influence of increased concentrations of ammonium nitrogen in water is in a state of chronic toxic stress. At the same time, their biochemical state changes significantly. Stress reactions increase the intensity of metabolic processes in the muscles and gills of Prussian carp, accompanied by the use of a significant amount of energy-intensive compounds, in particular glycogen and protein, to adequately provide energy to counteract the harmful effects of the toxicant. First, as the concentration of ammonium ions increases a slight increase in protein content occurs, followed by a decrease in the tissues of the muscles and gills, with a decrease in the content of glycogen in them. This indicates an increase in the development of stress reactions, as the main mechanisms of protection, the prevention of toxicity and related energy costs associated with these processes. With chronic effects of increased concentration of ammonium nitrogen, glucose levels in blood plasma increase due to the cleavage of glycogen.

Changes in the activity of energy metabolism enzymes (LDH and SDH) in fish tissues during prolonged exposure to high concentrations of toxicants indicate a partial transition of metabolism to anaerobic processes. These reactions are characterize the course of metabolic processes aimed at fish adaptation to environmental conditions.

Key words: prussian carp, fish juvenile, ammonium nitrogen, adaptation, protein, lipids, glycogen, glucose, LDH, SDH

Надійшла 27.12.2018.

УДК: 574.63

doi:10.25128/2078-2357.19.1.8

¹О.М. МІХЄЄВ, ¹О.В. ЛАПАНЬ, ²С.М. МАДЖД

¹Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України
вул. Академіка Заболотного, 148, Київ, 03143

²Національний авіаційний університет
просп. Космонавта Комарова, 1, Київ, 03680
e-mail: k.lapan@ukr.net

БІОЛОГІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ВІД ¹³⁷Cs

Розроблено мобільну конструкцію біоплато для доочищення водних об'єктів від радіонуклідів. Проведено порівняльне дослідження ефективності очищення наземними рослинами водного середовища на прикладі іонів ¹³⁷Cs. Представлені результати математичного моделювання динаміки накопичення ¹³⁷Cs в системі «експериментальна водойма – біоплато».