

ГІДРОЕКОЛОГІЧНЕ ТОВАРИСТВО УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ГІДРОБІОЛОГІЇ**

**«ПЕРСПЕКТИВИ ГІДРОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
В КОНТЕКСТІ ПРОБЛЕМ ДОВКІЛЛЯ ТА СОЦІАЛЬНИХ ВИКЛИКІВ»**



**Збірник матеріалів
VIII з'їзду Гідроекологічного товариства України,
присвяченого 110-річчю заснування Дніпровської біологічної станції**

6 – 8 листопада 2019 р.

Київ – 2019

У подальшому нами встановлено, що активність ГДГ у м'язовій тканині краснопірки з оз. Кирилівське та Лугове (на 45 та 31%) було нижчою, ніж у риб з умовного контролю. У тканинах печінки цих риб з оз. Кирилівське активність ферменту була на 31,5% вище, а з оз. Лугове у 56% нижче, щодо краснопірки з оз. Бабине.

Таким чином, отримані результати вказують на суттєві зміни активності ферментів азотного обміну, які залежать від інтенсивності антропогенного впливу.

Встановлені видові особливості пристосування риб за дослідженими показниками до надмірного забруднення водойми. При цьому у відповідь на антропогенне навантаження відбуваються активізація або послаблення активності ферментів азотистого обміну у тканинах риб.

Зміни зазначених показників у подальших дослідженнях можна використовувати для оцінки та прогнозування фізіологічного стану риб та ступені забруднення водойм токсичними речовинами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Wedemeyer G.A. Physiology of fish in intensive culture systems. – Springer Science & Business Media, 1996. – 232 p.

Методические указания по применению унифицированных клинических лабораторных методов исследований / под ред. проф. В.В. Меньшикова. – 1973. – 324 с.

Захарова Л.И. Определение активности глутаматдегидрогеназы в митохондриях тканей животных // Методы биохимических исследований. – 1982. – С. 250–252.

Varadarajan R., Sankar H., Jisha J., Babu P. Sublethal effects of phenolic compounds on biochemical, histological and ionoregulatory parameters in a tropical teleost fish *Oreochromis mossambicus* (Peters) // Int-nal J. of Sc. and Research Publications. – 2014. – Vol. 4, 3. – P. 1–12.

Contreras-Zentella M.L., Hernández-Muñoz R. Is Liver Enzyme Release Really Associated with Cell Necrosis Induced by Oxidant Stress? // Oxidative Medicine and Cellular Longevity. – 2016. – P. 1–12.

Ciardiello M.A., Camardella L., Carratore V., di Prisco G. L-Glutamate dehydrogenase from the Antarctic fish *Chaenocephalus aceratus* // Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Protein Structure and Molecular Enzymology. – 2000. – Vol. 1543 (1). – P. 11–23.

УДК 597.08:612.017

Н.І. КОРЕВО¹, В.П. ГАНДЗЮРА²

¹Житомирський державний університет імені Івана Франка,
вул. Велика Бердичівська 40, Житомир 10008, Україна

²Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
Володимирська 64, Київ 01601, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ФОСФОРНОГО БАЛАНСУ РИБ ЗА ПІДВИЩЕНОГО ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ВОДІ

Глобальне токсичне забруднення гідросфери призводить до формування якісно нових умов існування живих організмів, роблячи значний вплив на весь хід їх метаболічних процесів. Серед токсикантів особливе місце займають сполуки важких металів (Мур, Рамамурти, 1987), рівень яких постійно зростає практично в усіх водоймах (Перевозников, Богданова, 1999; Гандзюра, 2002). Особливу роль у регуляції метаболічних процесів і енергетичному забезпеченні риб грає фосфор (Арсан і ін., 1984; Романенко та ін., 1982). Встановлено тісну спряженість енергетичного і

фосфорного обміну (Романенко та ін., 1982), показано, що елементи фосфорного балансу риб дуже чутливі до зміни параметрів середовища (Гандзюра, 2003). Однак відомості про баланс фосфору у риб в умовах підвищеного вмісту важких металів в літературі поодинокі (Гандзюра, 2003). У зв'язку з цим метою наших досліджень було встановлення змін фосфорного балансу риб в умовах підвищеного вмісту важких металів у воді.

Експерименти проводили на рибах різних трофічних груп: Бентофагах – золотій рибці *Carassius auratus auratus* (L.), плітці *Rutilus rutilus* (L.), лині *Tinca tinca* (L.), бичку пісочнику *Neogobius fluviatilis* L.; зоопланктонофагах – гуппі *Poecilia reticulata* Peters, окуні *Perca fluviatilis* L.; як іхтіофагів досліджували щуку *Esox lucius* L. і сома *Silurus glanis* L. Гуппі і золотих рибок для експериментів відбирали з лабораторної культури – брали однорозмірних особин з одного посліду. Плітку, лина, окуня, щуку і сома відловлювали в Канівському водосховищі. Риб аклімували до умов експерименту протягом 14 діб. Використовували методику балансових дослідів (Карзинкин, Кривобок 1962). Кількість екскретованого за добу фосфору розраховували за різницею його вмісту в акваріумах з рибами і в контрольному (без риб) після добової експозиції. Вміст у воді фосфору визначали за (Golterman, 1969), для підвищення чутливості методу використовували екстракцію молібдатного комплексу гексанолом (Stephens, 1963). Інтенсивність дихання визначали методом замкнутих респірометрів (Лук'яненко, Карпович, 1989), вміст кисню визначали за методом Вінклера (Golterman, 1969). У всіх акваріумах контролювали вміст кисню (знаходилося в межах 6,7-8,8 мг О₂/л), вільної вуглекислоти (близько 0,1 ммоль/л), гідрокарбонатів (287-317 мг/л), і рН (7,1-7,9). Зміну води проводили щодоби – використовували відстояну водопровідну; вміст у ній Cu²⁺ ≤ 0,25мкг/л; Р фосфатів – 0,08 мг/л. В експерименті певні концентрації Cu² підтримували шляхом щодобового внесення відповідної кількості розчину CuSO₄×5H₂O після зміни води. Кормом були личинки хірономід *Chironomidae* larvae (вміст фосфору в їх тілі становив 0,19% у сирій і 1,19% у сухій речовині); *Ceriodaphnia pulchella* (вміст фосфору – 0,2% в сирій і 1,8% – в сухій речовині); для хижаків (щуки і сома) – плітка *Rutilus rutilus* (вміст фосфору 0,5% у сирій і 2,5% у сухій речовині). У кінці дослідів риб висушували, гомогенізували, брали по три наважки з кожної проби, які спалювали в сульфатній кислоті з перекисом водню, після чого визначали вміст загального фосфору (Golterman, 1969). Питому швидкість росту розраховували за формулою: $g = (\ln m_2 - \ln m_1) / (t_2 - t_1) = \ln (m_2/m_1) / \Delta t$; де m_1 – маса тіла на початку періоду, m_2 – в кінці за час $t_2 - t_1 = (\Delta t)$; валову ефективність використання корму на ріст (ефективність використання раціону) – (K_1) – визначали за відношенням приросту маси тіла риб до маси спожитого корму. Статистична обробка результатів проведена за загальноприйнятими методами (Лакин, 1990) з використанням стандартного пакету комп'ютерних програм.

Встановлено, що при голодуванні у іхтіофагів (щуки і сома) інтенсивність екскреції фосфору більше за порядок перевищувала цей показник для бентофагів – лина і бичка пісочника, а мінімальні значення інтенсивності екскреції фосфору характерно для окуня (3,1 мкг Р/г сирової маси тіла на добу). Ставлення q/E_p було максимальним у окуня, перевищуючи цей показник у щуки і сома майже в 18 разів. E_p у щуки і сома в 16 разів перевищує цей показник в окуня, в 11,7 раза у лина і в 9 разів – у бичка пісочника (табл. 1). Це обумовлено тим, що вміст фосфору в тілі окуня приблизно в 1,6 раза вище, ніж інших досліджених нами видів риб, а в його кормових об'єктах – личинках хірономід – вміст фосфору в 4,7 раза нижче, ніж в його тілі. Тому окунь відчуває максимальний дефіцит фосфору і має найнижчі показники його екскреції. У кормових об'єктах іхтіофагів вміст фосфору близький до його вмісту в тілі, тому вони мають максимальний рівень екскреції фосфору, не відчуваючи в ньому дефіциту. Таким чином, ми встановили, що інтенсивність екскреції фосфору при голодуванні і ставлення q/E_p у риб істотно залежить від відсоткового вмісту фосфору в тілі риб і їх природних кормових об'єктах. у щуки і сома в 16 разів перевищує цей показник у окуня, в 11,7 раза у лина і в 9 разів – у

бичка пісочника. Таким чином, величина добового раціону має суттєвий вплив на інтенсивність екскреції фосфору: при харчуванні до насичення молодь золотої рибки лише поглинала фосфор з води, в той час як при голодуванні і при раціоні, що становить 0,5 від величини максимального, має місце його екскреція. Це обумовлено тим, що переважна більшість риб (за винятком іхтіофагів) відчуває дефіцит в цьому елементі: вміст фосфору в тілі риб в середньому в 2-3 рази вище, ніж в кормових об'єктах (за винятком іхтіофагів) (Гандзюра, 2005). Тому у молоді риб, яка живиться і росте, дефіцит фосфору компенсується шляхом абсорбції розчинених у воді фосфатів. За вмісту у воді від 1 мкг Cu^{2+} / л і вище спостерігалася лише екскреція фосфору рибами.

У 3-й серії дослідів досліджували інтенсивність екскреції фосфору, питому швидкість росту риб і ефективність використання ними раціону (живлення до насичення) як у контролі, так і за різної концентрації Cu^{2+} у воді. Встановлено, що підвищений вміст міді у воді призводить не тільки до зростання інтенсивності екскреції фосфору, а й до зниження темпів росту та ефективності використання раціону. Таким чином, за підвищеного вмісту у воді Cu^{2+} відбувається істотне порушення фосфорного балансу у риб: різко зростає інтенсивність екскреції фосфору, що в більшості випадків призводить до зниження його вмісту в тілі. При цьому відбувається зниження темпу росту і ефективності використання раціону.

З'ясована можливість компенсації втрат фосфору рибами при токсичному впливі підвищених концентрацій Cu^{2+} шляхом використання корму з підвищеним вмістом фосфору. Золотих рибок і гуппі годували *Ceriodaphnia pulchella*; як корм з підвищеним вмістом фосфору (3,0% в сухій речовині) використовували збагачений фосфором корм фірми Tetra (Німеччина). Встановлено, що використання корму з вмістом фосфору 3,0% в умовах підвищеного вмісту Cu^{2+} у воді призводить до відновлення природного вмісту фосфору в тілі риб. При цьому збільшується темп росту риб, підвищується ефективність використання раціону і зростає вміст сухої речовини в їхньому тілі.

Таким чином, в умовах підвищеного вмісту у воді важких металів порушується структура фосфорного балансу риб: значно зростає інтенсивність екскреції фосфору, що в підсумку призводить до зменшення його вмісту в тілі. При цьому знижується темп росту і ефективність використання раціону. Істотний вплив на інтенсивність екскреції фосфору надає величина добового раціону: в усіх випадках (і в контролі, і при підвищеному вмісті важких металів у воді) вона максимальна у голодуючих риб. При харчуванні інтенсивність екскреції значно знижується, а при харчуванні до насичення має місце його абсорбція з розчинених у воді фосфатів. В умовах високого (понад 1 ГДК) вмісту важких металів у воді використання кормів з підвищеним вмістом фосфору (3,0 % на суху речовину) призводить до нормалізації його місту в тілі риб, при цьому збільшується темп росту і ефективність використання корму. Встановлені особливості фосфорного балансу риб різних трофічних груп: зоопланктофагів, бентофагів та іхтіофагів. З'ясовано, як впливають трофічні умови на складові фосфорного балансу. Бентофаги та зоопланктофаги за підвищеного вмісту міді мають найбільш виражені порушення фосфорного балансу, водночас хижаки- іхтіофаги, навіть при зростанні інтенсивності екскреції фосфору за підвищеного вмісту міді у водному середовищі, відзначалися мінімальними змінами його вмісту в тілі, що пояснюється хімічним складом їжі цих трофічних груп. Запропоновано використовувати інтенсивність екскреції фосфору для діагностики токсичного забруднення водного середовища важкими металами. При цьому варто використовувати риб різних трофічних груп, за винятком хижаків.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Арсан О. М. Роль фосфора водной среды в регуляции биоэнергетических процессов у рыб / О.М. Арсан, В.Д. Соломатина, В.Д. Романенко // Гидробиол. журн.,

1984. – Т. 20, № 1. – С. 53–57.

Брыченкова И.В. Влияние обогащения кормов фосфором на обмен веществ и рост молоди радужной форели в условиях замкнутых систем / И.В. Брыченкова // Экологическая физиология и биохимия рыб. VII Всесоюз. конф. (Ярославль, май, 1989 г.), 1989. – Ярославль. – Т. 1. – С. 57–58.

Гандзюра В.П. Содержание фосфора в теле рыб днепровских водохранилищ / В.П. Гандзюра // Гидробиол. журн., 1985. – Т. 21, № 6. – С. 84–87.

Гандзюра В.П. Фосфорный баланс рыб при действии тяжелых металлов (Cr^{6+} , Ni^{2+}) водной среды / В.П. Гандзюра // Гидробиол. журн., 2003. – Т. 39, № 5. – С. 92–100.

Карзинкин Г.С. Методика постановки балансовых опытов по изучению обмена азота у рыб / Г.С. Карзинкин, М.Н. Кривобок // Руководство по методике исследования физиологии рыб, 1962. – М. – С. 108–126.

Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.

Линник П.Н. 1997. Кадмий в поверхностных водах: содержание, формы нахождения, токсическое действие / П.Н. Линник, И.В. Искра // Гидробиол. журн., 1997. – Т. 33, № 6. – С. 72–85.

Лукьяненко В.И., Карпович Т.А. Биотестирование на рыбах: метод. рекомендации / В.И. Лукьяненко, Т.А. Карпович // АН СССР, 1989. – 96 с.

Мур Дж. В. Тяжелые металлы в природных водах: Контроль и оценка влияния / Дж.В. Мур, С. Рамамурти. – М.: Мир, 1987. – 288 с.

Перевозников М.А. Тяжелые металлы в пресноводных экосистемах / М.А. Перевозников, Е.А. Богданова. – С.-Пб., 1999. – 228 с.

Романенко В.Д. Кальций и фосфор в жизнедеятельности гидробионтов / В.Д. Романенко, О.М. Арсан, В.Д. Соломатина. – Киев: Наук. думка, 1982. – 152 с.

Golterman H.L. Methods for Chemical Analysis of Fresh Waters / H.L. Golterman. – IBP, Oxford and Edinburg, Handbook No8. – 1969. – 172 p.

Ogino Ch., Takeda. Mineral requirements in fish. III. Calcium and phosphorus requirements in carp / Ch. Ogino, Takeda // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 1976. – Vol. 42, № 7. – P. 793–799.

Stephens K. Determination of low phosphate concentration in lake and marine water / K. Stephens // Limnol. Oceanogr., 1963. – Vol. 8. – P. 361–362.

УДК 597.551.21:574.64: [546.171.1+546.185]

К. КОФОНОВ

Інститут гідробіології НАН України,

Героїв Сталінграда, 12, Київ 04210, Україна

ЖИТТЕСТІЙКІСТЬ МОЛОДІ КОРОПОВИХ ВИДІВ РИБ ЗА ДІЇ ВИСОКИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ АЗОТУ ТА ФОСФОРУ

Біогенні сполуки (амоній, нітрیتی, нітрати та фосфати), окрім свого безпосереднього впливу на первинних продуцентів – автотрофів, у надмірній кількості негативно впливають і на інших гідробіонтів, зокрема і на молодь риб. Тому важливим є встановлення життестійкості молоді риб, в тому числі карася сріблястого *Carassius auratus gibelio* (В) та коропа звичайного *Cyprinus carpio* (L), за впливу високих концентрацій йонів амонію та фосфатів. Отримані дані дозволять доповнити відомості щодо толерантності молоді цих видів до токсичного впливу біогенів за їх надмірного надходження у водойми.

Дослідження проводили в гострому токсикологічному експерименті тривалістю 96 год. Цьоголіток карася та коропа у кількості 50–130 екземплярів утримували у акваріумах об'ємом 60 дм³ з концентрацією амонійного азоту у воді 5–40 мг N/дм³ та