

УДК 551.331.1:574.2:591.525(639.3.036591.133.1)

В. М. МАРЦЕНЮК, О. С. ПОТРОХОВ, О. Г. ЗІНЬКОВСЬКИЙ, М. В. ПРИЧЕПА,
О. М. ВОДЯНИЦЬКИЙІнститут гідробіології НАН України
пр-т Героїв Сталінграду, 12, Київ, 04210

ВМІСТ ТИРЕОЇДНИХ ГОРМОНІВ, КОРТИЗОЛУ ТА ГЛЮКОЗИ У ПЛАЗМІ КРОВІ ЯК ПОКАЗНИКИ ВИДОСПЕЦИФІЧНОЇ БІОХІМІЧНОЇ ВІДПОВІДІ РИБ НА ДІЮ ПІДВИЩЕНОЇ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДИ

Досліджено адаптивні реакції риб за участі глюкози та гормонів, які регулюють енергетичний обмін в організмі риб за умов підвищеної мінералізації води. Встановлено, що за даних умов вміст тиреоїдних гормонів та глюкози у плазмі крові риб змінюється видоспецифічно. За мінералізації води 1040 мг/дм³ відмічено зниження вмісту трийодтироніну (Т3) у крові коропа, окуня і плітки та зростання рівня гормону із підвищенням мінералізації, що може свідчити про розвиток адаптивної реакції організму до несприятливих чинників середовища існування. В окуня зафіксовано вірогідне зниження вмісту тироксину (Т4) у 5,62 рази відносно контролю за мінералізації 2080 мг/дм³, що може бути викликано здатністю Т3 та Т4 до взаємозаміщення з метою підтримання гомеостазу на відповідному рівні. В діапазоні мінералізації води 520-2080 мг/дм³ зафіксовано зростання вмісту кортизолу у коропа та плітки відповідно у 3,13 та 3,87 рази за максимальної експозиції (2080 мг/дм³), що може пояснюватись розвитком в організмі цих видів стрес реакції, яка супроводжується мобілізацією енергетичних ресурсів. Вміст глюкози в організмі окуня може свідчити про використання цієї енергоємної сполуки на забезпечення процесів підтримання градієнтів концентрації йонів у тканинах, що спрямовано на забезпечення внутрішньоклітинного осмотичного балансу. Отримані результати вказують на те, що окунь є більш чутливим до підвищення мінералізації води, ніж короп та плітка.

Ключові слова: короп, окунь, плітка, мінералізація, адаптивна реакція, гормони, тироксин, трийодтиронін, кортизол, глюкоза

Друга половина ХХ ст. характеризується відчутними кліматичними змінами, які приносять чимало шкоди як наземним, так і водним організмам. В останні роки до цієї проблеми прикута увага науковців, адже підвищення середньостатистичної температури повітря і води, окрім безпосереднього впливу, веде до виникнення низки суміжних проблем, зокрема до підвищення мінералізації та зміни йонного складу гідроекосистем [2, 6]. Особливо гостро ці зміни відчутні на мілководді [4], що є місцем нагулу, розмноження та існування багатьох видів риб. Поруч із кліматичними змінами, на концентрацію йонів та їх співвідношення впливає забруднення водою стічними водами (содових, металургійних та інших заводів). Це призводить до зростання мінералізації води та негативно впливає на життєдіяльність гідробіонтів, що виражається у деградації популяцій, порушенні екологічної рівноваги через зміну фізіолого-біохімічного статусу риб.

Також за таких обставин стеногалінні організми змушені залучати низку адаптивних механізмів для підтримання нормальної життєдіяльності. Так, в організмі риб порушуються процеси осморегуляції, функціонування видільної системи, а також змінюється інтенсивність метаболізму в цілому [4, 7]. В першу чергу на подібні зміни реагує гормональна система риб, зокрема гормони щитоподібної та інтерренальної залоз. Участь щитоподібної залози (у вигляді фолікул на аорті між серцем і зябрами) у риб в регуляції біохімічних процесів зумовлена біологічною дією йодовмісних гормонів – тироксину (Т4) та трийодтироніну (Т3), що синтезуються з амінокислоти тирозину, яка входить до складу тиреоглобуліну [5, 9]. Причому, встановлено, що трийодтиронін значно активніший, ніж тироксин. Серед основних функцій цих гормонів в організмі риб можна виокремити регулювання активності багатьох ферментів, обміну деяких гормонів, а також вплив на перетворення метаболітів та мінеральних елементів

[4]. Окрім цього встановлено, що тиреоїдині гормони у риб приймають участь у процесах осморегуляції. Тому за їх вмістом часто оцінюють загальний стан метаболізму риб.

Не менш важливим показником при подібній адаптивній реакції риб є вміст кортизолу – кортикостероїдного гормону, який забезпечує адекватну відповідь організму на стресові умови [5, 7, 8]. Також до важливих функцій цього гормону можна віднести стимулювання гліюконеогенезу в печінці, підтримання на постійному рівні концентрації глюкози в крові, а також пригнічення жирівідкладання (оскільки гормон утворюється із холестерину) [10]. Численні дослідження показали, що цей стероїд у риб причетний до процесів осморегуляції в прісній воді, оскільки активно утримує натрій в ниркових каналцях [7].

Глюкоза, будучи з однієї сторони нерозривно пов'язаною із вмістом кортизолу, а з іншої основним джерелом енергії для більшості організмів, також є важливим показником при адаптації риб до дії підвищеної мінералізації води [8].

Враховуючи вищесказане, метою нашого дослідження було з'ясування особливостей певних адаптивних реакцій риб за дії підвищеної мінералізації води, враховуючи вміст глюкози та нейрогуморальну складову регулювання енергетичного обміну в їх організмі.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проведено на дворічках коропа звичайного *Cyprinus carpio* L, окуня річкового *Perca fluviatilis* L. та плітки звичайної *Rutilus rutilus* L на Білоцерківській експериментальній гідробіологічній станції Інституту гідробіології НАН України. Риб поміщали в експериментальні акваріуми об'ємом 75 дм³. Різний ступінь мінералізації, а саме 1040 мг/дм³, 1560 мг/дм³ та 2080 мг/дм³ отримували за рахунок внесення у воду з р. Рось, мінералізація якої становила 520 мг/дм³, відповідної кількості солей, до складу яких входять йони елементів, частка яких є найбільшою у визначенні мінералізації водойми. Такими солями були $CaCl_2$, $MgSO_4$, KI та гідрокарбонат натрію $NaHCO_3$.

Контролем слугував акваріум із річковою водою. Період аклімації риб становив 14 діб, що є достатнім для формування адаптивної відповіді на дію стрес-чинника. Окуня під час експерименту годували мальком чебачка амурського, а коропа та плітку – комбікормом.

Кров із серця отримували за допомогою гепаринізованого шприца та в подальшому її центрифугували протягом 15 хв. при 3 тис. об./хв. для виділення плазми. Зберігали плазму крові при температурі $-18^{\circ}C$.

У лабораторних умовах визначали загальний вміст тироксину (Т4), трийодтироніну (Т3) та кортизолу у плазмі крові риб імуноферментним методом, використовуючи комерційні набори Т3-ІФА, Т4-ІФА (НВЛ Гранум, Україна) та «ДС-ІФА-Стероїд-Кортизол» (НВО «Діагностичні системи», Росія) з допомогою ІФА-аналізатору Rayto RT-2100С. Вміст глюкози встановлювали спектрофотометрично глюкозооксидазним методом з використанням стандартних комерційних наборів «Філісіт-Діагностика» (Україна).

Статистичну обробку даних проводили з використанням програм Statistica 10.0 та програми Excel із пакету Microsoft Office.

Результати досліджень та їх обговорення

Результати наших досліджень показали, що за дії підвищеної мінералізації води вміст тиреоїдних гормонів у плазмі крові риб змінюється видоспецифічно. Так, вміст трийодтироніну у плазмі крові усіх досліджуваних видів риб за умов експерименту змінюється практично пропорційно. А саме, за мінералізації води 1040 мг/дм³ відмічено зниження вмісту Т3 у крові коропа, окуня та плітки відповідно у 2,23, 1,83 та 3,27 рази щодо контролю (рис. 1 А). При подальшому підвищенні мінералізації вміст згаданого гормону у всіх видів підвищувався, проте за експозиції 2080 мг/дм³ рівень Т3 був вищим за контроль лише у окуня та плітки – у 1,18 та 1,99 рази відповідно (рис. 1 А).

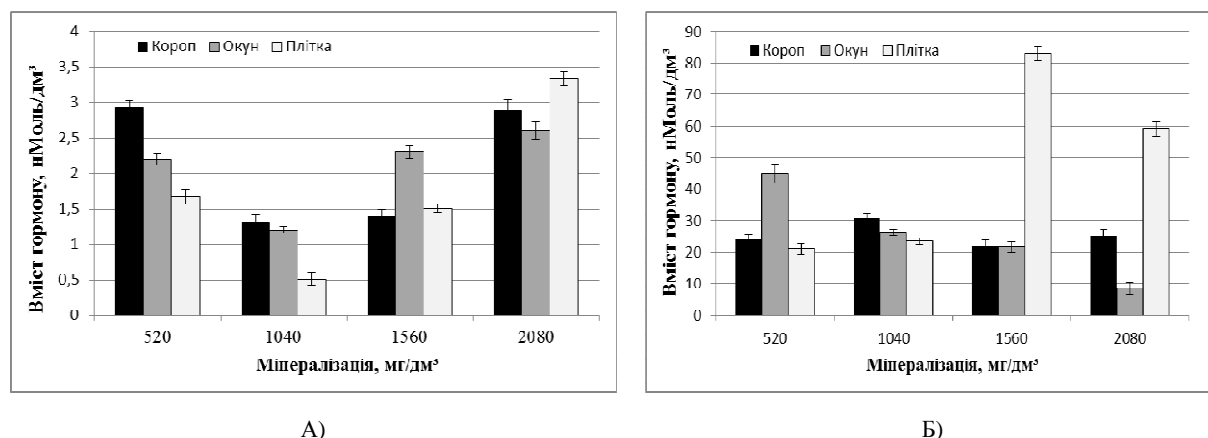


Рис 1. Вміст трийодтироніну (А) та тироксину (Б) у плазмі крові коропа, окуня та плітки за дії підвищеної мінералізації води, ($M \pm m$, $n=5$).

Оскільки найнижча після контролю мінералізацію (низько концентраційний вплив) спричинює первинні зміни у вмісті гормону (вірогідне його зниження) та закономірний розвиток залежності згаданого показника із подальшим підвищенням мінералізації у всіх досліджуваних видів риб, то можна стверджувати, що тут має місце розвиток адаптивної реакції організму до несприятливих чинників середовища існування [1]. Окрім цього, зростання вмісту Т3 у окуня та плітки свідчить про активацію енергетичного обміну, спрямованого на забезпечення осморегуляційних процесів [4, 7]. Короп же, очевидно, легше пристосовується до підвищеної мінералізації, ніж окунь та плітка, про що свідчить практично рівний із контролем вміст Т3 у плазмі його крові.

Щодо вмісту Т4, то досліджувані риби на дію експериментальних умов реагували по-різному. У дослідних групах коропа значних змін вмісту Т4 в їх крові за дії підвищеної мінералізації не спостерігалось. В окуня зафіксовано вірогідне ($p \leq 0,05$) зниження вмісту Т4 до 8 нМоль/дм^3 за мінералізації 2080 мг/дм^3 , що у 5,62 рази менше за контроль (рис. 1 Б). У плітки ж вміст гормону суттєво підвищувався, та максимальним був за мінералізації 1560 мг/дм^3 – 83 нМоль/дм^3 , що у 3,95 рази вище від контролю (рис. 1 Б).

Відсутність суттєвих змін у коропа може свідчити про те, що впродовж 14-ти діб цей вид адаптувався до підвищеної мінералізації води. Окунь та плітка більш чутливі до змін значень цього показника [4]. Зниження вмісту Т4 у плазмі крові окуня, поряд із підвищенням вмісту Т3, може бути викликано здатністю цих гормонів до взаємозаміщення з метою підтримання гомеостазу організму цього виду на відповідному рівні [3, 5, 9]. Також відомо, що зниження вмісту тиреоїдних гормонів великою мірою впливає на ферментативну активність дихального ланцюга, а саме зумовлює його активацію. Проте, тривала дія несприятливого чинника в подальшому може спричинити порушення співвідношення між генеруванням енергії та її витратою і, як результат, приводить до загибелі організму. Окрім цього, відомо, що саме Т3 у риб бере участь у регулюванні швидкості споживання кисню тканинами. Тому, підвищенням рівня цього гормону може пояснюватися міжвидова реакція риб на дію підвищеної мінералізації води, яка проявляється у зміні рівня тиреоїдних гормонів та їх здатності до конвертування.

Реакція плітки може бути наслідком збереження енергетичних ресурсів організму в ускладнених умовах існування. Сумарний вміст (Т3+Т4) зберігає закономірності, описані для Т4 (рис. 2 А).

Відомо, що кортизол у водяних тварин, поряд із регуляцією енергетичного обміну, корегує реакції водно-сольового обміну [7].

Нами було встановлено, що за вмістом кортизолу коропа та плітка на дослідні умови реагують однаково (рис. 2 Б). А саме, в діапазоні мінералізації води $520\text{--}2080 \text{ мг/дм}^3$ зафіксовано зростання вмісту кортизолу у коропа та плітки відповідно у 3,13 та 3,87 рази щодо контролю за максимальної експозиції (2080 мг/дм^3) (рис. 2 Б). Очевидно, в організмі цих видів розвивається стрес-реакція, що супроводжується мобілізацією енергетичних ресурсів [10]. Це

дозволяє їм заощаджувати енергетичні запаси, та дає змогу повернути організм у стан гомеостазу після дії стрес-агента. В окуня відмічено вірогідне ($p \leq 0,05$) зниження вмісту кортизолу у плазмі крові. За мінералізації 2080 мг/дм^3 вміст цього гормону набув критичного значення – 67 нМоль/дм^3 (менше за контроль у 12,98 рази) (рис. 2 Б).

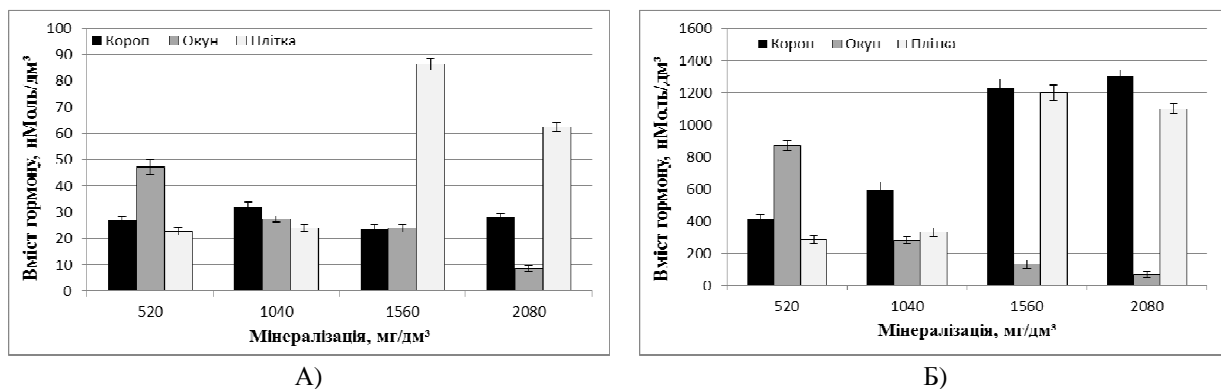


Рис 2. Сумарний вміст (Т3+Т4) (А) та кортизолу (Б) у плазмі крові коропа, окуня та плітки за дії підвищеної мінералізації води, ($M \pm m$, $n=5$).

Очевидно, що окунь дуже складно переносить різке підвищення мінералізації води. Також вміст кортизолу у цьому випадку корелює із значенням тиреоїдних гормонів, оскільки він регулює перетворення тироксину до більш активного трийодтироніну, тим самим активує процеси, спрямовані на зниження дії тих чи інших чинників [5, 7, 10]. Це чітко проілюстровано на адаптивній реакції окуня, коли зниження вмісту кортизолу могло стати причиною розвитку стрес-реакції на початкових етапах дії негативного чинника та в подальшому сприяти активному конвертуванню Т4 у Т3. Наслідком таких змін може бути посилення окислювальних процесів за безпосередньої участі трийодтироніну та використання енергоресурсів для забезпечення внутрішньотканинного гомеостазу.

Вуглеводи є одними із найдоступніших і найлабільніших субстратів енергетичного обміну, зокрема це стосується глюкози. Інтенсивність проходження реакцій, пов'язаних із утворенням чи затратою енергії, напряду залежить від вмісту глюкози у крові [8]. Також певний її рівень свідчить про наявність порушень у тих чи інших обмінних процесах, а також про розвиток адаптивних компенсаторних механізмів на протидію різним несприятливим чинникам [4].

В результаті дослідження було встановлено, що на підвищення мінералізації води всі досліджувані види риб реагували по-різному. За згаданих умов у плазмі крові коропа при мінералізації 1040 мг/дм^3 відмічено підвищення вмісту глюкози до $10,5 \text{ мМоль/дм}^3$, що у 2,01 рази вище за контроль (рис. 3).

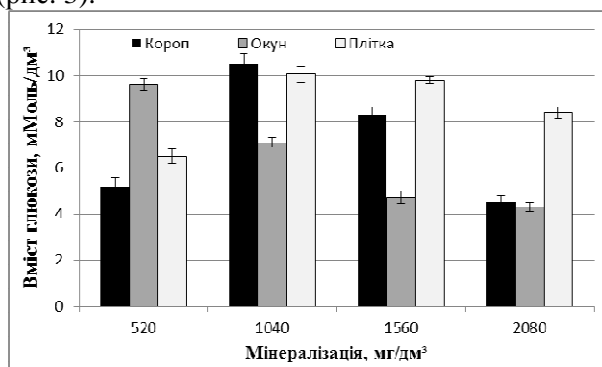


Рис 3. Вміст глюкози у плазмі крові коропа, окуня та плітки за дії підвищеної мінералізації води, ($M \pm m$, $n=5$).

В подальшому вміст глюкози в крові згаданого виду знижувався, та за максимальної мінералізації води практично зрівнявся із контролем. Очевидно, висока концентрація мінеральних сполук стимулює в організмі коропа підвищену утилізацію глюкози в процесі осморегуляції, що підтверджує також і вищеописаний вміст Т3 [4, 8]. У плазмі крові окуня зафіксовано вірогідне ($p \leq 0,05$) зниження вмісту глюкози за мінералізації 2080 мг/дм³ у 2,23 рази (рис. 3). Причиною таких змін може бути використання глюкози на забезпечення процесів, пов'язаних із градієнтом концентрації йонів у тканинах, що спрямовано на підтримання внутрішньоклітинного осмотичного балансу. Також, судячи із значень показників вмісту тиреоїдних гормонів, відповідна реакція може бути зумовлена використанням глюкози в процесі активації метаболізму в організмі досліджених риб [4].

У плітки ж спостерігається параболічна залежність між містом глюкози та зміною мінералізації води, проте, на відміну від коропа, за максимальної експозиції вміст глюкози у плазмі її крові був вищим за контроль на 22,62% (рис. 3). Отримані данні свідчать, що активація метаболізму в організмі плітки, що первинно стимулювалася мінералізацією води 520 мг/дм³, в подальшому при вищих значеннях мінералізації також залишалась на високому рівні. Це вказує на те, що плітка активно залучає глюкозу в процесі обміну речовин з метою врегулювання осмотичного балансу організму [4, 8].

Висновки

Таким чином, результати наших досліджень показали, що за дії підвищеної мінералізації води вміст тиреоїдних гормонів та глюкози у плазмі крові риб змінюється видоспецифічно.

За мінералізації води 1040 мг/дм³ встановлено зниження вмісту Т3 у крові коропа, окуня і плітки відповідно у 2,23, 1,83 та 3,27 рази щодо контролю, а також підвищення рівня гормону в подальшому із зростанням мінералізації. Це може свідчити про розвиток адаптивної реакції організму до несприятливих чинників середовища існування.

В окуня зафіксовано вірогідне зниження вмісту Т4 до 8 нМоль/дм³ за мінералізації 2080 мг/дм³, що у 5,62 рази менше за контроль та поряд із підвищенням вмісту Т3 може бути викликано здатністю цих гормонів до взаємозаміщення з метою підтримання гомеостазу на відповідному рівні.

В діапазоні мінералізації води 520–2080 мг/дм³ зафіксовано зростання вмісту кортизолу у коропа та плітки відповідно у 3,13 та 3,87 рази щодо контролю за максимальної експозиції (2080 мг/дм³), що може пояснюватись розвитком в організмі цих видів стрес реакції, яка супроводжується мобілізацією енергетичних ресурсів.

Вміст глюкози в плазмі крові окуня може свідчити про використання енергоємної сполуки на забезпечення процесів утримання градієнтів концентрації йонів у тканинах, що спрямовано на збереження внутрішньоклітинного осмотичного балансу.

1. *Болотовский А. А.* Сезонная изменчивость уровня трийодтиронина у трех видов карповых рыб из Рыбинского водохранилища, бассейн Волги / А.А. Болотовский, В.А. Левин // Мат. Всерос. конф. с междунар. участием, Борок, 12 сент. 2012 г. — Борок, 2012. — С. 54—57.
2. *Курило С. М.* Основні тенденції багаторічних змін мінералізації води та вмісту головних йонів у річках України / С.М. Курило // Гідрохімія. Гідрологія. Гідроекологія. — 2016. — Т. 2, № 41. — С. 85—90.
3. *Потрохов О. С.* Гормональний статус окуня та плітки за зміни екологічних чинників водного середовища / О.С. Потрохов, О.Г. Зінковський, Ю.М. Худяш // Наук. записки Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер.: Біол. — 2015. — № 3–4 (64). — С. 539—543.
4. *Потрохов О. С.* Особливості пристосування риб до зміни температури і мінералізації води за показниками вмісту трийодтироніну, кортизолу і глюкози у плазмі крові / О.С. Потрохов, О. Г. Зінковський, Ю. М. Худяш, М. В. Причепка // Наук. записки Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер.: Біол. — 2017. — № 1. — С. 89—95.
5. *Arjona F. J.* Effects of cortisol and thyroid hormone on peripheral outer ring deiodination and osmoregulatory parameters in the Senegalese sole (*Solea senegalensis*) / F.J. Arjona, L. Vargas-Chacoff, M.P. Martin del Rio et al. // J. Endocrinol. — 2011. — Vol. 208. — P. 323—330.

6. *Janauer G. A.* Aquatic Vegetation in river floodplains: Climate change effects, river restoration and ecohydrology aspects / G.A. Janauer // *Climate Change. Inferences from Paleoclimate and Regional Aspects*. — New York: Springer, 2012. — P. 149—156.
7. *Laiz-Carrión R.* Influence of cortisol on osmoregulation and energy metabolism in gilthead sea bream *Sparus aurata* / R. Laiz-Carrión, M.P. Martín del Río, J.M. Míguez et al. // *J. Exp. Zool.* — 2003. — Vol. 298. — P. 105—118.
8. *Martinez-Porchas M.* Cortisol and glucose: Reliable indicators of fish stress / M. Martinez-Porchas, L.R. Martinez-Cordova, R. Ramos-Enriquez // *Pan-Amer. J. Aquatic Sci.* — 2009. — Vol. 4, № 2. — P. 158—178.
9. *Peter M. C.* The role of thyroid hormones in stress response of fish / M.C. Peter // *Gen. Comp. Endocrinol.* — 2011. — Vol. 172, № 2. — P. 198—210.
10. *Vijayan M. M.* Effect of cortisol on the in vitro hepatic conversion of thyroxine to triiodothyronine in brook charr (*Salvelinus fontinalis* Mitchell) / M.M. Vijayan, P.A. Flett, J.F. Leatherland // *Gen and Comp. Endocrinol.* — 1988. — Vol. 70. — P. 312—318.

V. H. Marčeniuk, A. S. Potrokhov, O. G. Zinkovskiy, H. V. Prychepa, A. M. Vodyanitskiy
 Інститут гідробіології НАН України, Київ

СОДЕРЖАНИЕ ТИРЕОИДНЫХ ГОРМОНОВ, КОРТИЗОЛА И ГЛЮКОЗЫ В ПЛАЗМЕ КРОВИ КАК ПОКАЗАТЕЛИ ВИДОСПЕЦИФИЧЕСКОГО БИОХИМИЧЕСКОГО ОТВЕТА РЫБ НА ДЕЙСТВИЕ ПОВЫШЕННОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ВОДЫ

Исследованы особенности определенных адаптивных реакций рыб под действием повышенной минерализации воды, учитывая содержание глюкозы и нейрогуморальной составляющей регулирования энергетического обмена в организме рыб. Установлено, что при повышенной минерализации воды содержание тиреоидных гормонов и глюкозы в плазме крови рыб меняется видоспецифически. При минерализации воды 1040 мг/дм³ установлено снижение содержания Т3 в крови карпа, окуня и плотвы относительно контроля и повышение уровня гормона с повышением минерализации, что может свидетельствовать о развитии адаптации организма к неблагоприятным факторам среды обитания. В окуня зафиксировано достоверное снижение содержания Т4 в 5,62 раза относительно контроля за минерализации 2080 мг/дм³, что может быть вызвано способностью Т3 и Т4 к взаимозамещению с целью поддержания гомеостаза на соответствующем уровне. В диапазоне минерализации воды 520–2080 мг/дм³ зафиксирован рост содержания кортизола у карпа и плотвы соответственно в 3,13 и 3,87 раза относительно контроля при максимальной экспозиции (2080 мг/дм³), что может объясняться развитием в организме этих видов стресс-реакции, которая сопровождается мобилизацией энергетических ресурсов. Содержание глюкозы в крови окуня может свидетельствовать об использовании энергоемкого соединения на обеспечение процессов содержания градиентов концентрации ионов в тканях, направленных на обеспечение внутриклеточного осмотического баланса. Полученные результаты указывают на то, что окунь является более чувствительным к повышению минерализации воды, чем карп и плотва.

Ключевые слова: карп, окунь, плотва, минерализация, адаптивная реакция, гормоны, тироксин, трийодтиронин, кортизол, глюкоза

V. M. Martseniuk, A. S. Potrokhov, O. G. Zinkovskiy, M. V. Prychepa, A. M. Vodyanitskiy
 Institute of Hydrobiology of NAS of Ukraine, Kyiv

CONTENTS OF THYROID HORMONES, CORTISOL AND GLUCOSE IN BLOOD PLASMA AS INDICATORS OF SPECIES-SPECIFIC BIOCHEMICAL RESPONSE OF FISH FOR ACTION OF INCREASED MINERALIZATION OF WATER

The increase in the average temperature of air and water, in addition to direct influence, carries a number of accompanying problems, in particular, an increase in mineralization and a change in the ionic composition of hydroecosystems. Especially acute, these changes are palpable in shallow water.

Under such circumstances, the stenohaline organisms are forced to involve a number of adaptive mechanisms to preserve normal vital activity. Thus, in the body of fish, the processes of osmoregulation, the functioning of the excretory system and the intensity of metabolism as a whole

are disturbed. First of all, hormonal system of fish reacts to such changes, in particular hormones of thyroid and interrenal gland.

The features of certain adaptive reactions of fish for the action of increased water salinity are considered, taking into account the glucose content and the neurohumoral component of regulation of energy metabolism in the fish body. It was found that when the water content of 1040 mg/dm³ was mineralized, the content of T3 in the blood of carp, perch and roach was decreased by 2.23, 1.83 and 3.27 times, respectively, relative to control and the increase in the level of the hormone in the future with increasing mineralization. This may indicate the development of adaptation of the organism to unfavorable environmental factors.

Since the lowest mineralization after the control (low concentration effect) causes the primary changes in the hormone content (it's probable decrease) and the regular development of the dependence of this index with the subsequent increase in mineralization in all the fish species under study, it can be asserted that there is a development of adaptation of the organism to unfavorable factors of habitat. In addition, the increase in the content of T3 in perch and roach above the control indicates the activation of energy metabolism aimed at ensuring osmoregulation processes.

In the perch, a significant decrease in the T4 content to 8 nmol/L with a mineralization of 2080 mg/dm³ is recorded, which is 5.62 times less than the control and, together with an increase in the T3 content, can be caused by the ability of these hormones to interchange to maintain homeostasis at an appropriate level.

In the water mineralization range of 520–2080 mg/dm³, the increase in the content of cortisol in carp and roach was observed in 3.13 and 3.87 times, respectively, relative to the control of maximum exposure (2080 mg/dm³), which can be explained by the development in the body of these types of stress reactions, which is accompanied by the mobilization of energy resources.

The glucose content in the perch may indicate the use of an energy-intensive compound to provide processes for the content of ion concentration gradients in tissues, which is aimed at providing intracellular osmotic balance.

Key words: carp, perch, roach, mineralization, adaptive reaction, hormones, thyroxine, triiodothyronine, cortisol, glucose

Рекомендує до друку

В. З. Курант

Надійшла 21.03.2017