

УДК:612: [597. 551.2: 591.044]:577.17

*М. В. Причепя, О. С. Потрохов, О. Г. Зіньковський,
Ю. М. Худіяш*

ОСОБЛИВОСТІ ГОРМОНАЛЬНОЇ РЕАКЦІЇ РИБ ЗА УМОВ КОЛИВАНЬ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ВОДОЙМИ

Досліджено зміни вмісту гормонів (пролактину, соматотропіну і трийодтироніну) у плазмі крові окуня, йоржа, плітки і краснопірки за дії абіотичних чинників. Було показано, що з підвищенням температури вище за кліматичну норму (22—24°C) і за періодичного коливання вмісту кисню відбувається суттєве зниження вмісту досліджених гормонів. Гормональний фон у плазмі крові риб істотно впливав на вміст енергетичних сполук, зокрема глікогену і загальних ліпідів. Отримані результати вказують, що визначення рівня гормонів у крові можна використовувати у проведенні біомоніторингу природних популяцій риб, прогнозуванні наслідків кліматичних змін і їх впливу на фізіологічний стан досліджуваних риб.

Ключові слова: риби, абіотичні чинники, температура, гормони, метаболізм.

Мілководдя є найбільш високопродуктивними ділянками водойм, вони найбільшою мірою підлягають впливу змін кліматичних умов [3, 15]. Це, проявляється у підвищенні температури води, яка є одним з найбільш лімітуючих чинників існування водних тварин [13]. Саме підвищення температури води безпосередньо або опосередковано визначає рівень евтрофікації, газовий режим водойм та їх мінералізацію [2, 8]. У свою чергу, це впливає на біотичну складову водойм, зокрема на якісний і кількісний склад кормових організмів. У процесі зміни типових екологічних умов існування цінні промислові види заміщуються малоцінними. Вони мають перевагу завдяки короткому циклу розвитку і рівню пластичності. У подальшому це визначає не лише рівень біорізноманіття, але й загальну рибопродуктивність водойм [8].

Температура змінює не лише екологічні умови у водоймі і характер розповсюдження різних видів, але й змінює біохімічний статус гідробіонтів [8]. Здатність жити у певному температурному інтервалі є еволюційно сформованою адаптацією до температурного режиму навколишнього середовища, яка визначає зоогеографічний розподіл і межі ареалів окремих видів [4]. Проте, поряд з адаптацією до певних термічних умов окремої водойми, особливе значення має здатність риб до фізіолого-біохімічного пристосування до різних короткочасних або тривалих змін температури [16]. Відомо, що

© М. В. Причепя, О. С. Потрохов, О. Г. Зіньковський, Ю. М. Худіяш, 2019

вихід значень будь якого абіотичного чинника за оптимальні межі викликає негативні наслідки для організму. Тому у відповідь на коливання температури води, її мінералізації та вмісту розчиненого кисню риби формують комплекс фізіолого-біохімічних реакцій, спрямованих на забезпечення гомеостазу організму [6, 13]. Одним з таких адаптивних механізмів є гормональна регуляція, яка залежить від екологічної пластичності видів і їх здатності існувати у нетипових або екстремальних екологічних умовах [18].

Виходячи з вищесказаного, метою роботи було вивчення особливостей адаптивних реакцій риб до дії температури води, що перевищує кліматичну норму, за вмістом гормонів.

Матеріал та методика досліджень. Дослідження проведені на Білоцерківській експериментальній гідробіологічній станції Інституту гідробіології НАН України. Об'єктом дослідження слугували особини краснопірки *Scardinius erythrophthalmus* (L.), плітки *Rutilus rutilus* (L.), окуня *Perca fluviatilis* (L.) і йоржа *Gymnocephalus cernua* (L.) масою 25—60 г. Відлов риб із Середнього Білоцерківського водосховища (контрольна водойма) проводили гачковими знаряддями. Для проведення експерименту риб із водосховища у травні було посаджено у ставок (експериментальна водойма). Водопостачання ставка здійснювалося безпосередньо з водосховища.

Вода водосховища і ставка характеризується наступними гідрохімічними показниками: рН — 8,3, твердість — 6,1 мг-екв/дм³, Ca²⁺ — 66,13 мг/дм³, Mg²⁺ — 34,02 мг/дм³, Cl⁻ — 30,13 мг/дм³, NH₄⁺ — 0,277 мг N/дм³, NO₂⁻ — 0,006 мг N/дм³, NO₃⁻ — 0,080 мг N/дм³, PO₄³⁻ — 0,062 мг P/дм³, ПО — 8,0 мг O/дм³, БО — 18,48 мг O/дм³.

Риб у ставку утримували протягом вегетаційного сезону. Штучні корми для їх годівлі не застосували, риби живилися за рахунок природної кормової бази. Для біохімічних досліджень у червні і липні відбирали статевозрілих самиць віком три роки.

Вміст гормонів у плазмі крові визначали після її центрифугування протягом 15 хв. при 6000 об/хв. Вміст пролактину, соматотропіну і трийодтироніну визначали імуноферментним методом із використанням наборів реагентів «ДС-ІФА-Пролактин» (Наукове-виробниче об'єднання «Діагностичні системи», Росія), «Human Growth Hormone (hGH) ELISA» (Calbiotech, USA) і «ТЗ-ІФА» (Науково-виробнича лабораторія «Гранум», Україна) за допомогою ІФА-аналізатора Rayto RT-2100С. Вміст глікогену у печінці визначали антроновим методом [5], загальних ліпідів — з використанням фосфор-ванілінового реагенту за допомогою стандартних комерційних наборів «Загальні ліпіди» («Філісіт Діагностика»). Під час проведення досліджень було дотримано всіх норм біоетики. Статистичну обробку матеріалу проводили за допомогою програм Excel із пакета та Statistica 5.5.

Результати досліджень та їх обговорення

Водосховище характеризувалось незначними коливаннями температури води як протягом місяця, так і протягом доби, вона практично не виходила

за межі кліматичної норми, тобто протягом червня становила 20,5—24,5°C (середня 22,4°C) і липня — 20,5—26,5°C (24,1°C). Концентрація розчиненого кисню була на високому рівні (у червні — 7,2—9,5 мг/дм³, липні — 8,2—10,5 мг/дм³). Загальна мінералізація води досягала 470 мг/дм³.

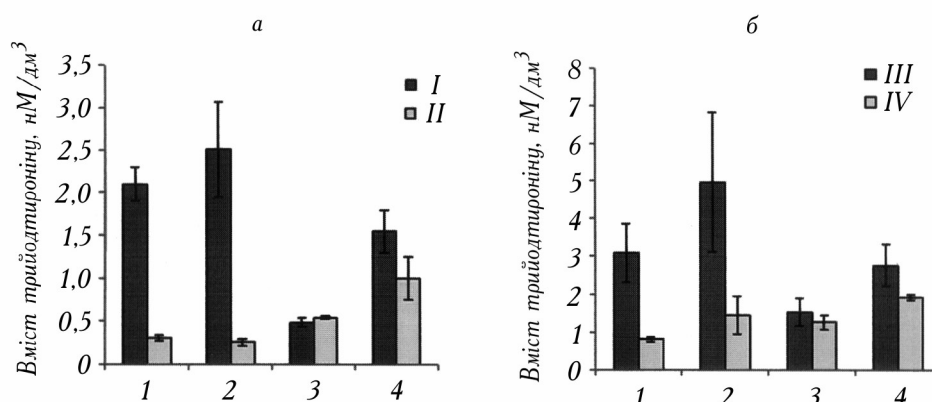
У ставку температура води у червні була у межах 20,8—29,3°C (26,3°C), у липні — 20,7—30,7°C (25,3°C). Вміст розчиненого у воді кисню у червні і липні відповідно становив 3,7—6,3 і 2,4—6,4 мг/дм³. Загальна мінералізація — близько 510 мг/дм³. У цій водоймі спостерігалися значні коливання температури води протягом місяця і доби, які переважно перевищували кліматичні норми (22—24°C). Середньодобові коливання становили від 0,5 до 2°C.

Як показали наші дослідження, характер гормональної реакції на суму діючих чинників залежить від біологічних особливостей певного виду риб. Відомо, що загальну активність метаболічних процесів можна оцінити за вмістом гормонів щитоподібної залози, зокрема трийодтироніну (Т3), який має важливе значення у морфо-фізіологічній адаптації риб до умов середовища [1, 6, 9, 11]. Звертає увагу те, що у плітки, краснопірки і йоржа у ставку у червні вміст Т3 у плазмі крові був відповідно у 10,0, 7,0 та 1,4 рази нижчим, ніж у контрольній водоймі (рис. 1). З підвищенням температури води у липні його вміст у плазмі крові всіх видів риб зріс. Проте тенденція меншого вмісту Т3 у крові за дії підвищеної температури води залишилась, що підтверджується статистично. Так, для краснопірки і йоржа значення коефіцієнта кореляції між температурою і вмістом гормону становило від -0,77 до -0,83. Підвищений вміст гормону у літній період пояснюється більшою харчовою активністю досліджуваних видів [1]. Проте, якщо температура води підвищується вище оптимуму (22—24°C), а вміст розчиненого кисню відповідно знижується, зменшується і загальна метаболічна активність. Про це свідчить вміст Т3 у плазмі крові риб. Можна припустити, що окисно-відновні процеси у них при задовільних температурних умовах проходять більш інтенсивно, ніж при перевищенні кліматичної норми. Таким чином, плітка, окунь, краснопірка і йорж демонструють різний вміст Т3, проте у різні літні місяці динаміка цього показника однакова. Найвищою варіабельністю досліджуваного показника відрізнялися плітка і краснопірка, що пов'язано з видовими особливостями, зокрема живлення, поведінки та активності обмінних процесів.

Відомо, що зростання мінералізації води може послаблювати синтез і виділення Т3 зі щитоподібної залози [19], але у досліджуваних водоймах вона істотно не відрізнялася.

Зазначені види мають широкий спектр пристосувальних характеристик, зокрема за умов кліматичних змін, що дозволяє їм швидко поновлювати свою чисельність у нестабільних екологічних умовах.

Соматотропін у риб посилює ріст м'язової та кісткової тканин, регулює обмін білків, вуглеводів, жирів, кальцію, фосфору і азоту у тканинах [10, 21]. Він здатний мобілізувати запасні ліпіди і інтенсифікувати окиснення жирів, що призводить до зниження периферичного використання вуглеводів і підвищує рівень цукру у крові [19]. Вміст цього гормону у плазмі крові

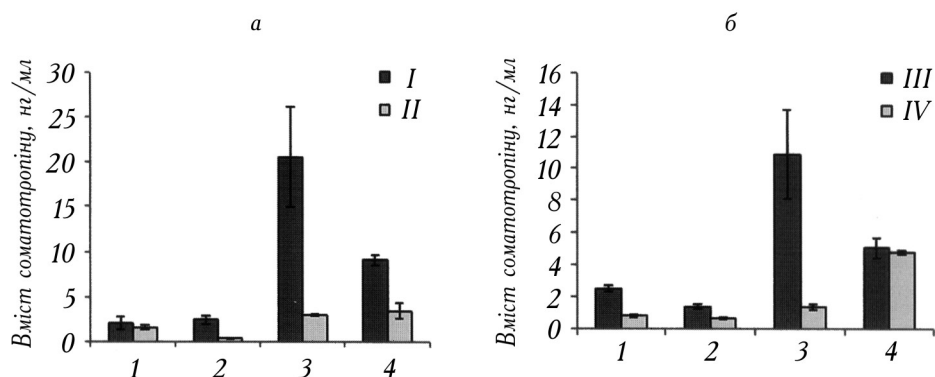


1. Вміст трийодтироніну у плазмі крові риб у липні (а) і червні (б). Тут і на рис. 2—5: I— 20,5—24,5°C (22,4°C), II — 20,8—29,3°C (26,3°C), III — 20,5—26,5°C (24,1°C), IV — 20,7—30,7°C (25,3°C); 1 — краснопірка, 2 — плітка, 3 — окунь, 4 — йорж. ($M \pm m$, $n = 6$).

досліджених риб був різним, що, вочевидь, пов'язано з видоспецифічністю функціонування залоз гіпофізу. Звертає увагу більший вміст гормону у крові риб за нормального температурного режиму. Так, у червні вміст соматотропіну у плітки, окуня і йоржа з контрольної водойми відповідно був у 6,1, 6,8 і 2,6 разу вищим порівняно з особинами зі ставка (температура перевищувала 29,3°C). Вірогідні кореляційні зв'язки між температурою води і вмістом гормону у плазмі крові всіх досліджуваних видів риб і характеризувались значеннями коефіцієнту кореляції від -0,62 до -0,98. Лише у йоржа у липні вміст цього гормону у двох водоймах був однаковим. Але тенденція до зниження вмісту соматотропіну за дії підвищеної температури залишалася, хоча і невірогідна. Вочевидь, це викликано збільшенням темпів росту йоржа влітку (рис. 2).

Слід відмітити, що зі зростанням температури води у липні в обох досліджених водоймах вміст соматотропіну у плазмі крові всіх видів риб знижувався. За рахунок зниження вмісту соматотропіну, який регулює основні енергетичні процеси, з підвищенням температури води послаблюється утилізація енергоємних речовин для підтримки гомеостазу організму. Так, встановлено негативний взаємозв'язок між вмістом соматотропіну і вмістом глікогену і ліпідів у печінці риб ($r = -0,69$ — $-0,74$). Отже, температура води безпосередньо впливає на регуляцію вмісту і синтезу цього гормону гіпофізу. Можливо, підвищений вміст соматотропіну у плазмі крові за нормальних температурних умов (22—24°C) призводить до значних затрат глікогену та ліпідів на високі темпи росту риб. Це, зокрема, підтверджувалось тим, що за масою і довжиною особини зі стабільних та відповідних кліматичним нормам умов переважали риб із водойми з надмірним температурним режимом.

З літературних джерел відомо, що соматотропін поруч із пролактином регулює процеси закладки і формування статевих клітин у більшості риб [22]. В експериментальній водоймі, де відмічалось перевищення температурного оптимуму при низькій концентрації кисню у передранкові години,



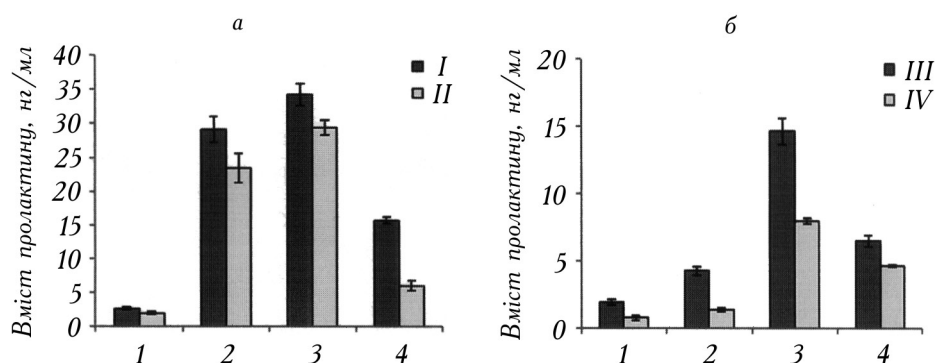
2. Вміст соматотропіну у плазмі крові риб у червні (а) і липні (б).

вміст соматотропіну, як і пролактину, у плазмі крові риб був меншим, що призводило до зниження активності метаболічних процесів, а відтак могло відобразитись і на процесах дозрівання ооцитів.

Таким чином, за вмістом соматотропіну, який регулює багато фізіологічних та біохімічних процесів, зокрема ріст, ліпідний, білковий і вуглеводневий обміни [22], можна судити про здатність різних видів риб до біохімічної адаптації за впливу екологічних чинників, зокрема викликаних змінами клімату. Це свідчить про його важливу роль у забезпеченні адаптивних реакцій, зокрема при коригуванні обмінних процесів, навіть за незначних змін гідрохімічних параметрів [18].

Пролактин у риб регулює процеси йонного і ліпідного обміну. Відомо, що він активно регулює термічний гомеостаз у водних тварин через синтез і розподіл ліпідів у тканинах [7]. В гіпоосмотичних умовах у риб відбувається активація пролактинових клітин нейрогуморальною системою [14]. Це, у свою чергу, викликає певні зміни у показниках росту і розвитку риб. За впливу цього гормону змінюється обмін речовин, поведінка, відтворення і активність імунної системи [12, 23]. Нами встановлено, що вміст цього гормону, як і інших досліджених, істотно знижувався з підвищенням температури у всіх риб (особливо у особин з експериментальної водойми). При нормальних температурних умовах вміст пролактину у плазмі крові у плітки, окуня і йоржа відповідно був вищим у 1,2, 1,15 і 2,6 рази, ніж у особин з експериментальної водойми (рис. 3).

У липні вміст пролактину був істотно меншим, особливо при надмірному температурному режимі. У цей час посилювався лінійний і масовий ріст риб за рахунок зміни рівня гормонів, зокрема і пролактину. Також доведено його важливість при аклімації риб до зміни температури навколишнього середовища [7]. Цей гормон регулює накопичення ліпідів і амінокислот як енергетичного депо. Оскільки пристосування до діючого чинника є досить енергозатратним процесом, то рибам потрібне додаткове збереження енергетичних ресурсів на ростовий потенціал за зміни температури води, що ре-

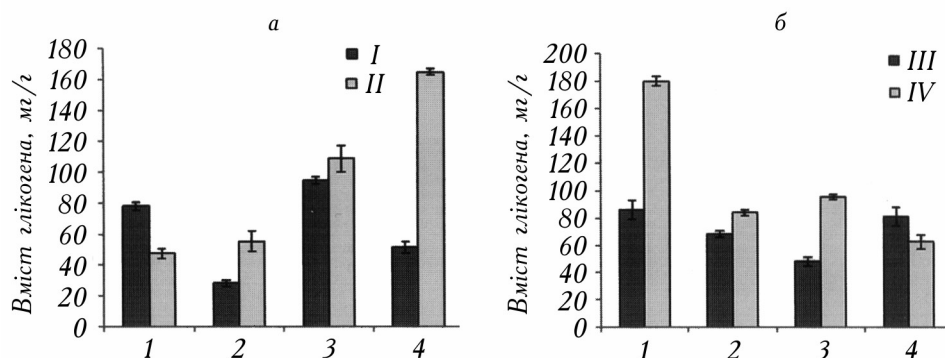


3. Вміст пролактину у плазмі крові риб у червні (а) і липні (б).

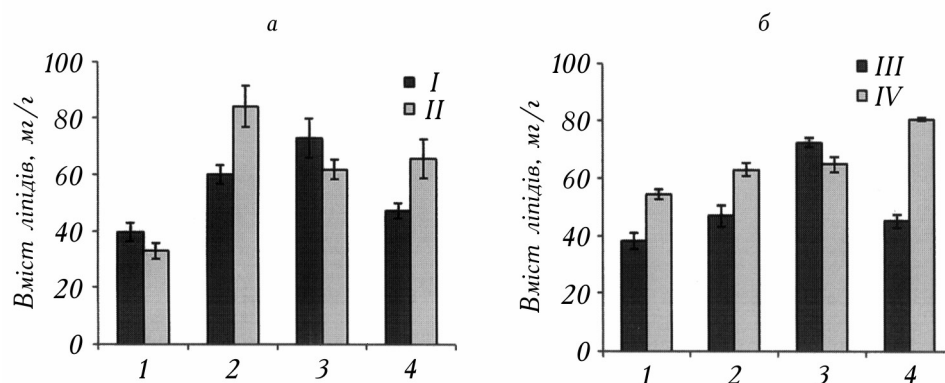
гулюється меншим надходженням пролактину у кров. Відмічена вірогідна зворотна кореляція між вмістом пролактину в плазмі крові і вмістом ліпідів і глікогену у печінці ($r = -0,79$ — $-0,93$ залежно від виду риб). Найнижчий вміст пролактину був у краснопірки (0,73—2,61 мг/мл), найбільший — у окуня (7,97—34,2 мг/мл), що вказує на існування видової специфічності у його синтезі. Найбільшою варіабельністю цього показника відносно інших досліджуваних видів характеризувались окунь (7,97—34,2 мг/мл) і плітка (1,32—29,12 мг/мл), що вочевидь, пов'язано з особливостями їхнього метаболізму.

Для підтримання енергетичного балансу у риб задіяні переважно ліпіди і вуглеводи [13]. Саме глікоген є основним джерелом енергії для забезпечення життєво важливих процесів у тканинах за різких змін екологічних умов. Глікоген досить лабільна речовина, завдяки якій можна швидко поповнити енергетичні ресурси риб для підтримки гомеостазу [17]. Безпосередню роль при метаболізмі цих сполук відіграють досліджені гормони, зокрема Т3 та соматотропін [19, 21, 22]. Як показано вище, вони визначають рівень синтезу та утилізації тканинами енергомістких речовин для забезпечення гомеостазу організму.

У печінці риб виявлено суттєві відмінності у вмісті глікогену як за дії температурного режиму в цілому, так і залежно від терміну проведення досліджень. Крім того, відмінності характеризуються видовою специфікою. У краснопірки виявлено стабільний вміст глікогену за оптимальних температурних умов (рис. 4). Проте, його вміст у липні значно перевищував червневі показники (у 2,8 рази). За таких умов краснопірка активно запасала вуглеводи, що відбувалось при безпосередньому контролі нейрогуморальної системи, коли вміст гормонів (експериментальний ставок) у плазмі крові знижувався. Зі збільшенням температури води зміни вмісту глікогену у печінці окуня були несуттєвими. У печінці плітки вміст глікогену знижувався з червня до липня як у контрольній, так і експериментальній водоймі — відповідно у 2,4 та 1,5 рази. У йоржа він коливався у межах відповідно 51,3—81,3 та 62,6—165,2 мг/г. Характерною особливістю є те, що вміст глікогену у йоржа знижувався при перевищенні температури вище за кліматичну норму. Це, можливо, пов'язане із перепадами кисневого режиму, що не-



4. Вміст глікогену у тканинах печінки риб ($M \pm m, n = 6$).



5. Вміст загальних ліпідів у тканинах печінки риб ($M \pm m, n = 6$).

одноразово були зафіксовані в експериментальній водоймі [17]. Відомо, що в екстремальних умовах участь глікогену в енергетичному обміні забезпечує рибам можливість адаптації до негативного впливу низки природних чинників. Це важливо, враховуючи особливості життєдіяльності і фізіології йоржа як представника придонної фауни.

На тлі більшого вмісту досліджених гормонів у плазмі крові йоржа і плітки у червні у контрольній водоймі вміст ліпідів у печінці був відповідно у 1,7 і 2,7 рази меншим, ніж у ставку (рис. 5), що можливо пов'язано із їх тканинним перерозподілом. Так, зокрема з коливанням температурного режиму у йоржа та плітки посилювались процеси трофічного росту ооцитів. У той же час у краснопірки у цей час вміст гормонів у крові був найбільший і, очевидно, вони тим самим коригують активність та спрямованість ліпідного обміну (див. рис. 1—3). Незважаючи на існування окуня у нетипових (відносно історичного ареалу виду) екологічних умовах, значних змін вмісту ліпідів не виявлено. Зазначені зміни вмісту глікогену і ліпідів у печінці досліджених риб засвідчили видові особливості перерозподілу цих енергомістких сполук за умов коливання температурного та кисневого режиму.

Висновки

Встановлено, що гормональний фон у риб істотно залежить від температури води. За дії температури вище 26,0°C протягом тривалого часу вміст трийодтироніну, соматотропіну і пролактину у плазмі крові краснопірки, плітки, окуня і йоржа суттєво знижувався.

При перевищенні кліматичної норми температури і зниженні вмісту соматотропіну у крові спостерігалось зменшення утилізації енергомістких сполук, зокрема ліпідів і глікогену. Коефіцієнт кореляції між цими показниками становить від -0,69 до -0,74 залежно від виду риб. Крім того, трийодтиронін і пролактин також суттєво корегують перебіг і спрямованість енергетичних процесів у всіх досліджених видів.

Отримані результати вказують на різну адаптивну здатність досліджуваних видів риб до зміни температури води. При оптимальній (22—24°C) у літній період активніше використовуються запасні ліпіди і глікоген. Це свідчить про можливість моніторингу екологічного стану водойм за вмістом гормонів у плазмі крові риб. За цими показниками можна оцінювати вплив змін клімату на їх фізіологічний стан, що у подальшому дозволить прогнозувати їх наслідки на якісний та кількісний склад досліджуваних видів.

**

Исследовано изменение содержания гормонов — пролактина, соматотропина и трийодтиронина в плазме крови окуня, ерша, плотвы и красноперки под действием абиотических факторов. Показано, что при повышении температуры выше климатической нормы (22—24°C) и при периодическом колебании концентрации кислорода происходит существенное снижение содержания исследуемых гормонов в плазме крови. Гормональный фон в плазме крови рыб существенно влияет на содержание энергетических соединений, в частности гликогена и общих липидов. Уровень гормонов в крови можно использовать при проведении биомониторинга природных популяций рыб, прогнозирования последствий климатических изменений и их влияния на физиологическое состояние рыб.

**

The change in the content of hormones — prolactin, somatotropin and triiodothyronine in the blood plasma of perch, ruff, roach and common rudd under the influence of temperature fluctuation was studied. It was shown that increase of the water temperature above the climatic norm and periodic fluctuations of the oxygen concentration, lead to significant decrease in the content of triiodothyronine, somatotropin and prolactin in blood plasma. Hormonal background in the blood plasma affects content of the energy compounds, particular, glycogen and total lipids. The obtained results indicate that the level of hormones in the blood can be used in biomonitoring of the natural fish populations, predicting the consequences of climatic changes and their effect on the physiological state of fish.

**

1. Болотовский А.А., Левин В.А. Сезонная изменчивость уровня трийодтиронина у трех видов карповых рыб из Рыбинского водохранилища, бас-

- сейн Волги // Материалы Всерос. конф. с международным участием, 12 сент. 2012 г., Борок. — Борок, 2012. — С. 54—57.
2. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). — К.: Ніка-Центр. — 2010. — 316 с.
 3. Курило С.М. Основні тенденції багаторічних змін мінералізації води та вмісту головних іонів у річках України // Гідрохімія, гідрологія, гідроекологія. — 2016. — № 41. — С. 85—90.
 4. Немова Н.Н. Механизмы биохимической адаптации у водных организмов // Экологические и эволюционные аспекты. — 2010. — С. 198—214.
 5. Практикум по биохимии: Учеб. пособие / Под. ред. С.Е. Северина, Г.А. Соловьевой. — М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1989. — 509 с.
 6. Романенко В.Д., Арсан О.М., Соломатина В.Д. Механизмы температурной акклимации рыб. — Киев.: Наук. думка, 1991. — 190 с.
 7. Саутин Ю.Ю. Об участии пролактиноподобного гормона гипофиза в контроле энергетических и структурных липидов при изменениях температурных условий // Энергетический обмен у рыб. — М., 1986. — С. 57.
 8. Шахматова О.А. Отклик гидробионтов на стрессовые факторы морских экосистем // Экосистемы, их оптимизация и охрана. — 2012. — Вып. 7. — С. 98—113.
 9. Arjona F.J., Ruiz-Jarabo J., Vargas-Chacoff L. et al. Acclimation of *Soleasene galensis* to different ambient temperatures: implications for thyroidal status and osmoregulation // Mar. Biol. — 2010. — Vol. 157. — P. 1325—1335.
 10. Davidson M.B. Effect of growth hormone on carbohydrate and lipid metabolism // Endocr. Rev. — 1987. — Vol. 8. — P. 115—231.
 11. Chang J., Wang M., Gui Znao W. et al. Changes in thyroid hormone levels during zebrafish development // Zool. Sci. — 2012. — Vol. 29. — P. 181—184.
 12. Harris J., Stanford P.M., Oakes S.R. et al. Prolactin and the prolactin receptor: new target of an old hormone // Annals in Medicine. — 2004. — Vol. 36. — P. 414—426.
 13. Hochacka P.W. Somero G.N. Biochemical adaptation mechanism and process in physiological evolution. — New York, London: Oxford University Press, 2002. — 466 p.
 14. Manzon L.A. The role of prolactin in fish osmoregulation: a review // Gen. Comp. Endocrinol. — 2002. — Vol. 125. — P. 291—310.
 15. Janauer G. A. Aquatic vegetation in river flood plains: Climate change effects, river restoration and ecohydrology aspects // Climate change. — New York: Springer, 2012. — P. 149—155.
 16. Potrokhov O.S., Zinkovskyi O.G., Prychepa M.V., Khudiyash Y.M. Tolerance of roach for modified water mineralization levels and temperatures expressed by biochemical indicators // Fisheries and aquatic life. — 2018. — Vol. 26. — P. 165—172.
 17. Prychepa M.V., Potrokhov O.S. Physiological and biochemical status of fishes of the fam. Perconidae in winter // Hydrobiol. J. — 2015. — Vol. 51, N 1. — P. 90—97.

18. *Prychepa M.V., Potrokhov O.S.* Hormonal regulation of adaptative processes in fishes to impact of abiotic factors // *Ibid.* — 2016. — Vol. 52, N 3. — P. 86—98.
19. *Sangiao-Alvarellos S., Laiz-Carrión R., Guzman J.M et al.* Acclimation of *S. auratato* various salinities alters energy metabolism of osmoregulatory and nonosmoregulatory organs // *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* — 2003. — Vol. 285. — P. 897—907.
20. *Specker J.L.* Predaptive role of thyroid hormone in larval and juvenile salmon: growth, the gut and evolutionary considerations // *Am. Zool.* — 1988. — Vol. 28. — P. 337—349.
21. *Varghese S., Oommen O.V.* Thyroid hormones regulate lipid metabolism in a teleost *Anabastes tudineus* (Bloch.) // *Comp. Biochem. Physiol. B. Biochem. Mol. Biol.* — 1999. — Vol. 124. — P. 445—450.
22. *Yousefian M.S.E.* The review of the effect of growth hormone on immune system, metabolism and osmoregulation of fish // *Austral. Basic and Appl. Sci.* — 2011. — Vol. 5, N 5. — P. 467—475.
23. *Weber G.M., Grau E.G.* Changes in serum concentrations and pituitary content of the two prolactins and growth hormone during the reproductive cycle in female tilapia, *Oreochromis mossambicus*, compared with changes during fasting // *Comp. Biochem. Physiol. C: Pharmacol. Toxicol. Endocrinol.* — 1999. — Vol. 124, N 3. — P. 323—335.