

ДЕЯКІ АДАПТИВНІ РЕАКЦІЇ КАРАСЯ СРІБЛЯСТОГО *CARASSIUS AURATUS GIBELIO* (BLOCH) ЗА НАДМІРНОГО НАВАНТАЖЕННЯ АМОНІЙНИМ АЗОТОМ

Ю. О. Коваленко, kovalenkoyuliia888@gmail.com, Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

М. Т. Примачов, alkaloid@lan.ua, Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

О. С. Потрохов, alport@bigmir.net, Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

О. Г. Зінковський, hydrobiol@igb.ibc.com.ua, Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

Мета. Встановити морфофізіологічні зміни та рівень накопичення енергоємних сполук у карася сріблястого (*Carassius auratus gibelio* (Bloch, 1782)) за дії різної тривалості підвищеної концентрації амонійного азоту у воді.

Методика. В роботі були визначені морфофізіологічні показники карася сріблястого, а саме: коефіцієнт вгодованості, індексу печінки та селезінки, вміст білків, ліпідів, глікогену в органах і тканинах, а також вміст глюкози в плазмі крові риб. Збір та опрацювання іхтіологічних матеріалів виконані у відповідності до загально визначених методик.

Результати. Проведені дослідження показали, що при істотній концентрації амонійного азоту (до 24,3 мг N/дм³) та зі збільшенням часу адаптації (від 3 місяців до декількох поколінь) в одновікових групах риб виявлено різницю в довжині та масі тіла, що підтверджується показниками вгодованості за Фультоном і Кларк.

У карася з найменшим та найбільшим часом адаптації — 3 місяці за концентрації 24 мг N/дм³ та в декілька поколінь до концентрації амонійного азоту 48 мг N/дм³ — індекс печінки був зменшений на 8,0 та 22,7% порівняно з контролем, а у риб, що адаптувалися 3 роки до концентрації 24,3 мг N/дм³, індекс печінки, навпаки, збільшився.

У всіх дослідних групах карася сріблястого було встановлено сталий вміст білка в м'язах. За адаптації риб за 3 місяці вміст ліпідів у їхній печінці був дещо вищий (на 6%), ніж контрольне значення, проте у карася з адаптацією протягом 3 років вміст ліпідів був значно нижчим, ніж у контролі (на 35%), а у риб з тривалою адаптацією вміст ліпідів у печінці наближується до контрольних значень. Також вміст глікогену в печінці піддослідних риб має вищий вміст відповідно до тривалості адаптації (3 місяці та 3 роки), проте за найдовшої адаптації до концентрації амонійного азоту 48 мг N/дм³ накопичення глікогену також наближується до контрольних значень.

Наукова новизна. Вперше вивчені адаптивні можливості карася сріблястого при довготривалому впливі високих концентрацій амонійного азоту за морфофізіологічними показниками.

Практична значимість. Отримані дані можливо використовувати для розуміння особливостей пристосування коропових риб (на прикладі сріблястого карася) до існування у водоймах, що піддаються надмірній дії сполук азоту. Це дасть змогу оцінити у подальшому, як за таких умов формуються нові стійкі/опірні популяції риб.

Ключові слова: карась сріблястий, адаптація, амонійний азот, індекс печінки, індекс селезінки, коефіцієнт вгодованості, білки, ліпіди, глікоген.

© Ю. О. Коваленко, М. Т. Примачов, О. С. Потрохов, О. Г. Зінковський, 2018



**SOME ADAPTIVE REACTIONS OF THE PRUSSIAN CARP
CARASSIUS AURATUS GIBELIO (BLOCH) BASED ON THE EXCESSIVE
LOAD OF AMMONIUM NITROGEN**

Yu. Kovalenko, kovalenkoyuliia888@gmail.com, Institute of Hydrobiology of the Ukrainian National Academy of Sciences, Kyiv

M. Primachev, alkaloid@lan.ua, Institute of Hydrobiology of the Ukrainian National Academy of Sciences, Kyiv

A. Potrokhov, alport@bigmir.net, Institute of Hydrobiology of the Ukrainian National Academy of Sciences, Kyiv

O. Zinkovskiy, hydrobiol@igb.ibc.com.ua, Institute of Hydrobiology of the Ukrainian National Academy of Sciences, Kyiv

Purpose. The aim of the study was to find a difference in morphophysiological parameters and in the accumulation of energy-intensive substances in Prussian carp (*Carassius gibelio* Bloch, 1782), which existed at different times and at different concentrations of allochthonous nitrogen in water.

Methodology. In the course of the work, following morphological, physiological and biochemical parameters of the Prussian carp were determined: condition factors, hepatic and splenic indices, protein, lipid and glycogen content in fish organs and tissues, and glucose content in blood plasma. Collection and processing of ichthyological materials were carried out in accordance with generally accepted methods.

Findings. The conducted studies showed that at a significant concentration of ammonium nitrogen up to 24.3 mg N/dm³ and with an increase in the adaptation time (from 3 months to several generations), the even-aged groups of fish had a difference in body length and weight that was confirmed by Fulton's and Clark'.

In the Prussian carp with the smallest and greatest adaptation time (3 months at a concentration of 24 N/dm³ and in several generations) to the ammonium nitrogen concentration of 48 mg N/dm³, the hepatic index was reduced (by 8 and 22.7%) compared to control, while the hepatic index, by contrast, increased compared to control to a concentration of 24.3 mg N/dm³ in fish adapted for 3 years.

In all experimental groups of the Prussian carp, stable protein content in muscles was noted. After adaptation of fish during 3 months, lipid content in the liver was slightly higher than reference values, however, after adaptation during 3 years, lipid accumulation was significantly lower than control (by 35%), and in fish with long-term adaptation, lipid content in the liver approached reference values. Glycogen content in the liver of the experimental fish gradually increased with the duration of adaptation, however, with long-term adaptation to ammonium nitrogen concentration of 48 mg N/dm³, glycogen accumulation also approached the control.

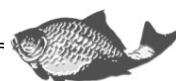
Originality. For the first time, the adaptive features of the Prussian carp in terms of morphophysiological indices have been studied under a prolonged exposure to high concentrations of ammonium nitrogen.

Practical value. The obtained data can be used to understand the peculiarities of adaptation of cyprinids (for example, Prussian carp), to their existence in reservoirs affected by excessive action of nitrogen compounds. This will allow us to evaluate the conditions, under which new resistant fish populations are formed.

Key words: Prussian carp, adaptation, ammonium nitrogen, hepatic index, splenic index, fatness factor, proteins, lipids, glycogen.

**ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІЗ
ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ**

Головним джерелом надходження в природні води токсичних речовин як в Україні, так і в інших країнах є промисловість [1–4]. Індустріальне навантаження



токсикантами на екосистеми знизило якість води у багатьох країнах світу [3–5]. Не становлять винятків навіть розвинені країни: наприклад, у США забруднення водних екосистем ставить під загрозу існування 90% зникаючих видів прісноводних риб, молюсків та інших гідробіонтів [1, 6, 7]. Оскільки не всі гідробіонти однаково реагують на зміни у середовищі, виникає необхідність дослідження адаптивних реакцій природних популяцій риб за дії несприятливих чинників. Це зумовлено різними межами стійкості та вразливості різних видів водяних тварин, що, в подальшому, визначає поширення одних і зникання інших. Механізми адаптації риб до діючих чинників можливо оцінити за низкою морфофізіологічних показників, таких як коефіцієнт вгодованості, індекси внутрішніх органів. При цьому важливу роль відіграють енергоємні речовини — білки, ліпіди, глікоген та, зокрема, глюкоза.

ВИДІЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ. МЕТА РОБОТИ

При незбалансованому використанні мінеральних добрив у сільському господарстві та через скиди промислових відходів підвищується вміст сполук азоту практично у всіх водоймах. Це призводить до евтрофікації водойм, особливо в літній період [5], а, отже, має негативний вплив на фізіологічний стан риб, зокрема карася сріблястого. Сполуки азоту надходять крізь зябровий апарат та кишківник риб, тим самим вражаючи їх та інші внутрішні органи, зокрема печінку та селезінку. Таким чином, відбувається порушення обмінних процесів, які можуть відображатись на нейрогуморальній регуляції та ферментативній активності, змінюючи вміст запасних речовин, що може позначитись на успішності зимівлі риб, а також на якості та кількості статевих клітин, а, отже, і на видовому різноманітті іхтіофауни. До несприятливих умов риби вимушені пристосовуватись протягом декількох поколінь.

Тому одним із пріоритетних напрямів досліджень є визначення закономірностей пристосувань риб до тривалого або постійного забруднення води токсичними речовинами. Прикладом утворення популяцій риб, які змогли пристосуватися за екстремальних умов є популяція карася сріблястого, яка мешкає більше 20 років у ставах дендропарку «Олександрія» (м. Біла Церква). У воді цих ставків відмічається суттєве перевищення ГДК_{рибгосп} за амонійним азотом.

Отже, метою роботи було встановлення зміни морфофізіологічних показників та рівня вмісту енергоємних сполук у тканинах карася сріблястого за дії різної тривалості підвищеної концентрації амонійного азоту у воді.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Дослідження проводились на Білоцерківській експериментальній гідробіологічній станції Інституту гідробіології НАН України впродовж одного місяця (30 діб). Об'єктом дослідження слугували чотири групи карася сріблястого (*Carassius auratus gibelio* (Bloch, 1782)): 1 — контрольна група риб стабільно існувала в оптимальних за показниками амонійного азоту умовах; 2 — група була адаптована до надмірної концентрації йонів амонію впродовж трьох місяців; 3 — група риб, що мешкала у забрудненій водоймі 3 роки; 4 — група риб, що перебувала декілька поколінь за токсичного навантаження амонійним азотом.



Піддослідні риби мали вік від 2+ до 4+. Вибірка складала 5–7 особин для кожної групи риб.

Дослідні водойми характеризувались наступною концентрацією йонів амонію мг N/дм³: 1 — 2,5; 2 — 24,0; 3 — 24,3; 4 — 48. Збільшення рН та температури води призводить до зростання концентрації аміаку відносно загального амонію у воді, що посилює токсичну дію азотних сполук на організм риб [8]. Середня температура води у період досліджень становила °С: 1 — 29; 2 — 26,5; 3 — 26; 4 — 26; а середній водневий показник (рН): 1 — 8,80; 2 — 8,12; 3 — 8,19; 4 — 8,23. Розрахункова середня концентрація аміаку у воді під час досліджень становила N/дм³: 1 — 0,65; 2 — 5,76; 3 — 5,83; 4 — 11,52.

Вміст амонійного азоту у воді встановлювали з використанням реактиву Неслера [9].

Кров у риб відбирали із серця, використовуючи гепаринізований шприц. Потім її центрифугували для виділення плазми 15 хв при 3000 об./хв. У плазмі крові визначали вміст глюкози глюкозооксидазним методом з використанням стандартних комерційних наборів «Філісіт-Діагностика» (Україна). Тканини м'язів, печінки та зябер риб, відібраних безпосередньо після вилову гачковими знаряддями лову, зберігали за температури –22°С. Вміст глікогену в тканинах визначали антроновим методом [10], вміст ліпідів — визначали за допомогою фосфор-ванілінового реагенту (набір «Загальні ліпіди», «Філісіт-Діагностика» (Україна)). Вміст загальних білків встановлювали за методом Лоурі [11]. Вгодваність, індекси печінки та селезінки розраховували за загальноприйнятими методиками, порівнюючи масу органів з масою тіла риб [12, 13].

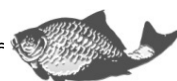
Дані статистично обробляли з використанням програм «Statistica.10» та «Excel» із пакету «Microsoft Office».

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Процес росту риб значною мірою залежить від абіотичних та біотичних чинників середовища, адже він є сумарним виразом специфіки способу життя та індикатором стану популяції риб [4]. Було встановлено, що особини віком 3+, які пристосовувались до амонійного азоту впродовж 3-х місяців (2 група) та 3-х років (3 група), мали відмінності за лінійним ростом та масою тіла. Адже риби з 2-ї групи, які мали менший час адаптації до амонійного азоту (24,3 мг N/дм³), мали перевагу в розмірі у середньому на 1 см, порівняно з карасем з адаптацією 3 роки, за тієї ж концентрації (група 3). Відповідно, група риб з меншим часом адаптації переважає за масою тіла на 37% порівняно з карасем, що пристосовувався впродовж 3-х років. Це також знаходить своє відображення в коефіцієнтах вгодваності, які зазвичай використовують як кількісну характеристику, що свідчить про наявність або відсутність сприятливих умов для існування риб. До того ж, вони є одним із основних критеріїв оцінки фізіологічного стану риб: темпів росту, готовності до нересту та зимівлі, а також екологічного стану водойми, зокрема наявності достатньої кількості кормових об'єктів [14].

Задля об'єктивності оцінки фізіологічного стану риб були проведені розрахунки коефіцієнтів вгодваності за Фультоном та Кларк.

Згідно результатів досліджень за Фультоном, вірогідної різниці між карасем з



контрольної водойми та рибами з найменшою адаптацією (3 місяці, за концентрації амонійного азоту 24,0 мг N/дм³) встановлено не було.

У риб з груп 3 та 4, із середньою та найдовшою адаптованістю (упродовж 3 років та в декількох поколіннях до 24,3 та 48,0 мг N/дм³ азоту відповідно), коефіцієнт за Фультоном зменшився на 16 та 17%, а за Кларк — на 16%. У риб із найдовшою адаптацією суттєвої відмінності щодо контрольної групи риб також встановлено не було (за Кларк).

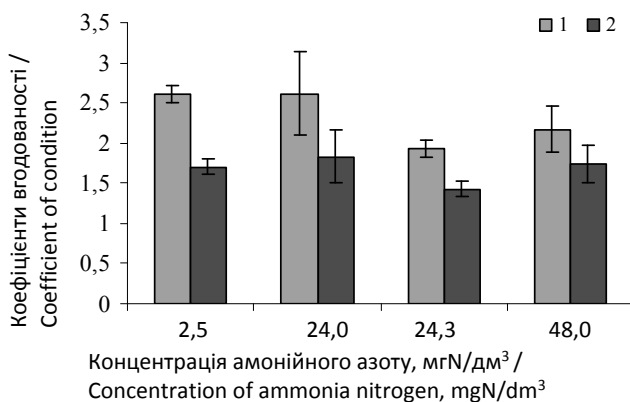


Рис. 1. Коефіцієнт вгодованості карася під впливом амонійного азоту: 1 — за Фультоном; 2 — за Кларк ($M \pm m$, $n = 5-7$)

Fig. 1. Coefficient of crucian carp condition under the influence of ammonia nitrogen: 1 — per Fulton; 2 — per Clark ($M \pm m$, $n = 5-7$)

Як відомо, розміри внутрішніх органів залежать від довжини тіла й рівня метаболізму; у зв'язку з цим, зазначені показники, можливо, будуть піддаватися змінам. Дані про їх зміни необхідні для оцінки фізіологічного стану риб у зовнішньому середовищі, яке змінюється [15].

Дослідження печінки дають змогу отримати інформацію, яка може бути критерієм визначення фізіологічного стану організму [16, 17]. Зміни її розмірів, кольору та консистенції дають змогу оцінити загальний фізіологічний стан організму, а також, певною мірою, характер патологічних змін в організмі риб [16, 18, 19].

Індекс печінки карасів з адаптацією 3 місяці (група 2) та декілька поколінь (група 4) за 24,0 та 48,0 мг N/дм³ азоту виявився меншим (на 8,0 та 22,7% відповідно), порівняно з контролем. Проте карась з адаптацією протягом 3 роки (група 3) мав дещо збільшений індекс печінки на 13,5% відносно контролю. Це, можливо, вказує на структурно-функціональні зміни у клітинах печінки, за тривалого існування у забруднених азотними сполуками водоймах (рис. 2).

За літературними даними, зростання індексу печінки може бути пов'язаним зі збільшенням енергозатрат на забезпечення життєдіяльності риб [20, 21].

Величина індексу селезінки (органу формування елементів крові, депо крові та імуногенезу) [20] залежить від дії різних несприятливих факторів [21].

За отриманими даними, закономірність показників індексів селезінки у риб з



адаптацією протягом 3 місяців (група 2) і 3 років (група 3) дещо схожа з такою індексів печінки. Адже у риб із найменшим часом адаптації індекс селезінки менший, упорівнянні з контролем на 26,75%, проте у групі риб із середньою тривалістю адаптації він був більшим у 2,6 рази відносно контролю. Це, можливо, пов'язано з різною тривалістю адаптації організму, адже за концентрації азоту 24,3 мг N/дм³ риби існували 3 роки; за цей час у популяції карася виробились та стабілізувались пристосувальні процеси. Втім, зі збільшенням часу адаптації протягом декількох поколінь індекс селезінки наближується до контрольних величин. За цей час утворилася стійка до діючого чинника популяція риб.

У карася із адаптацією протягом кількох поколінь до концентрації азоту 48,0 мг N/дм³ (група 4) індекс селезінки також був на 22,2% більшим, порівняно з контролем. Наближення цих показників до контрольних значень, можливо, вказує на пристосування риб до умов навколишнього середовища, зокрема, дії амонійного азоту.

Зміни у функціональному стані цих органів можуть спричинити такі на більш глибокому рівні, що можливо, відобразиться на різних метаболічних процесах [23].

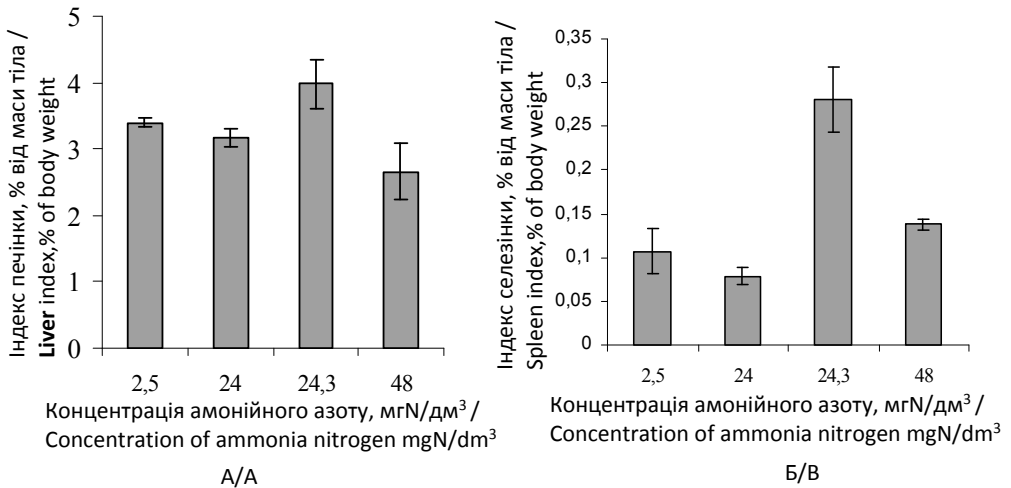


Рис. 2. Індекс печінки (А) та селезінки (Б) карася під впливом алохтонного азоту ($M \pm m$, $n = 5-7$)

Fig. 2. Index of liver (A) and spleen (B) crucian carp under the influence of allochthonous nitrogen ($M \pm m$, $n = 5-7$)

У всіх дослідних групах карася (що адаптувались 3 місяці, 3 роки та декілька поколінь до 24,0; 24,3 та 48,0 мг N/дм³ азоту відповідно), показники вмісту білка у м'язовій тканині були близькими. Відомо, що за нормального фізіологічного стану в процесі росту у риб збільшується вміст білка у м'язах, а, отже, зростають маса та довжина тіла [16].

У тканинах печінки всіх досліджуваних груп риб було встановлено відмінність за вмістом білка відносно контролю на 23,5; 6,0 та 22,6% відповідно, (рис. 3).



ДЕЯКІ АДАПТИВНІ РЕАКЦІЇ КАРАСЯ СРІБЛЯСТОГО *CARASSIUS AURATUS GIBELIO* (BLOCH)
ЗА НАДМІРНОГО НАВАНТАЖЕННЯ АМОНІЙНИМ АЗОТОМ

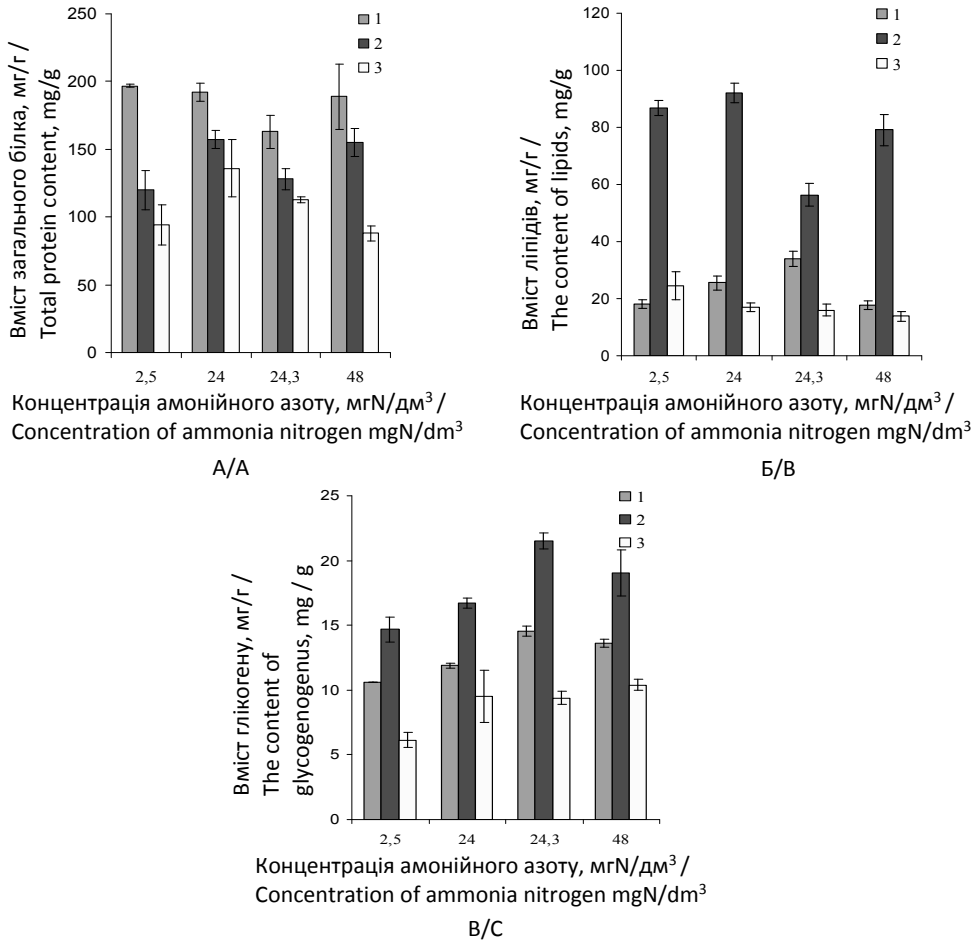


Рис 3. Вміст загального білка (А), ліпідів (Б) та глікогену (В): 1— м'язи; 2 — печінка; 3 — зябра ($M \pm m$, $n = 5-7$)

Fig. 3. Content of total protein (A), lipids (B) and glycogen (C): 1— muscle; 2 — liver; 3 — gills ($M \pm m$, $n = 5-7$)

В зябрах карася із меншим часом адаптації (3 місяці та 3 роки) також було встановлено збільшення білка на 31 та 17% щодо контролю, проте у риб з тривалішою адаптацією у зябрах вміст білка був меншим відносно контролю на 7%.

Оскільки ліпіди є основою всіх внутрішньоклітинних мембран, а також відіграють істотну роль у метаболізмі клітин, то рівновага протікання перекисних і антиоксидантних процесів є однією із необхідних умов нормального функціонування організму. Порушення цієї рівноваги завжди свідчить про наявність патології чи стресу [8, 24], адже вміст і склад ліпідів в органах і тканинах риб залежать від фізіологічного стану організму, на який можуть впливати різні фактори водного середовища [25, 26]. За отриманими результатами, вміст ліпідів у м'язах карася з найдовшим періодом адаптації (кілька поколінь) був на рівні контрольних значень, на відміну від риб із



середньою та меншою тривалістю адаптації (3 роки та 3 місяці), в яких вміст ліпідів був більшим на 29 та 47% відносно контролю.

У риб з адаптацією протягом 3 місяців до 24,0 мг N/дм³ азоту (група 2), в печінці вміст ліпідів не відрізнявся вірогідно від контролю (рис. 3), на відміну від карася з середньою та довготривалою адаптацією — 3 місяці та кілька поколінь до 24,3 та 48,0 мг N/дм³ азоту відповідно (групи 2 та 4), в яких було встановлено менший вміст ліпідів у печінці, порівняно з контролем, на 35 та 9%. Це могло бути зумовлено використанням енергоємних сполук для забезпечення сталості організму при незадовільних умовах існування. Але при довготривалій адаптації до впливу амонійного забруднення протягом декількох поколінь), завдяки формуванню стійкої популяції риб, вміст ліпідів в їхній печінці стабілізувався та був вищим, ніж у риб за середньотривалої адаптації.

Зменшення запасів ліпідів може викликати у риб порушення проникності клітинних мембран, деструктивні і функціональні зміни в органах і тканинах, що, можливо, призведе до виснаження організму або зниження його резистентності [8; 27]. Проте, слід враховувати, що рівень та спрямованість ліпідного обміну змінюються в залежності від етапу онтогенезу, статі та фази репродуктивного циклу [28], а також від існування риб за надмірного азотного навантаження.

В органах і тканинах всіх досліджуваних груп риб було встановлено більший вміст глікогену, ніж у контрольній групі. Зокрема, в м'язах його вміст був на 11,00; 27,25 та 22,00%, у печінці — на 12,00, 32,00 і 23,00% та у зябрах на 35,50; 34,80 та 44,00% відповідно вищим, порівняно до контролю.

В ЦНС і в підшлунковій залозі знаходяться детектори рівня глюкози в крові. За відхиленням цього параметру від оптимального значення змінюється секреція гормонів і активність вегетативної нервової системи. Нейрогуморальні сигнали надходять у різні органи, передусім в печінку, де посилюють або послаблюють процеси, спрямовані на нормалізацію вмісту глюкози в крові [29].

Було встановлено, що вміст глюкози в плазмі крові карася залежить від часу адаптації риб до дії амонійного азоту у водоймах. У всіх дослідних групах риб, за адаптації протягом 3 місяців, 3 років та в декількох поколіннях (групи 2, 3 та 4) до концентрацій амонійного азоту 24,0; 24,3 та 48,0 мг N/дм³ відповідно, вміст глюкози в плазмі крові був меншим відносно контролю на 15, 23% та у 2,7 рази відповідно. Це може свідчити про посилене її використання як легкодоступного енергетичного субстрату для забезпечення пластичних потреб [30] — побудову нових клітин та підтримку гомеостазу організму карася.

Під впливом амонійного азоту різної тривалості карась реагував зменшенням вмісту глюкози у крові за вищого вмісту глікогену в органах і тканинах відносно контролю. Отже, глюкоза використовувалася на пристосувальні реакції організму. Проте кількість глікогену постійно відновлювалася завдяки процесам глікогеногенезу [8, 31]. Таким чином організм заощаджує найбільш доступні енергетичні ресурси.



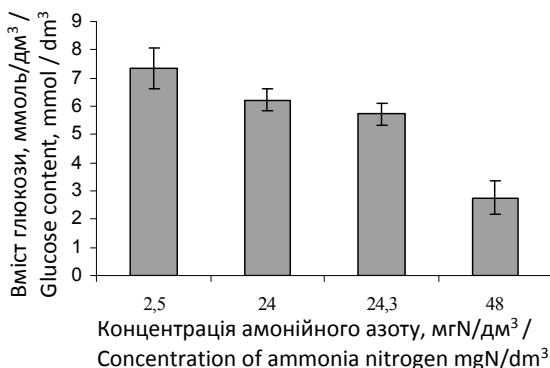


Рис. 4. Вміст глюкози в плазмі крові карася під впливом алохтонного азоту ($M \pm m$, $n = 5-7$)

Fig. 4. Content glucose in blood plasma of crucian carp under the influence of allochthonous nitrogen ($M \pm m$, $n = 5-7$)

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

Отримані результати досліджень вказують на те, що за меншого часу адаптації (3 місяці до 24,0 мг N/дм³ азоту) фізіологічний стан риб не зазнає суттєвих змін, адже за коефіцієнтами вгодованості, індексами печінки та селезінки, вмістом загального білка та ліпідів — ця група риб суттєво не відрізняється від особин карася з контрольної групи. Проте ця дослідна група характеризувалась вищим вмістом глікогену в печінці та зябрах (на 12 та 35,0% відповідно) та меншим вмістом глюкози в плазмі крові (на 15,0%) відносно контролю. Це свідчить про переважання глікогенвипасаючих процесів над глікогензатратними.

За 3-річної адаптації до концентрації азоту 24,3 мг N/дм³ карась сріблястий має нижчий коефіцієнт вгодованості за Фультоном і Кларк та менший вміст ліпідів у печінці (на 35,0%) і глюкози (на 23,0%) відносно контролю. Проте ця дослідна група, з середньою тривалістю адаптації, мала вищі індекси печінки та селезінки, більший вміст глікогену в печінці порівняно з контролем на 13,5 та 32,0% відповідно.

Тобто, за середньої адаптації риб до дії амонійного азоту (впродовж 3-х років) у карася відбувається зниження маси тіла, пригнічення росту, збільшення індексів печінки та селезінки і зменшення вмісту енергетичних речовин. Це могло стати наслідком тривалого існування (3 роки) досліджуваної групи риб у таких екологічних умовах.

У групі риб з найбільш тривалим терміном адаптації — впродовж декількох поколінь — до 48,0 мг N/дм³ азоту було відзначено, що коефіцієнти вгодованості, вміст загального білка, ліпідів та глікогену у печінці, зябрах та м'язах наближаються до контрольних значень, що може вказувати на успішне пристосування карася сріблястого до надмірних величин амонійного азоту. В свою чергу, вміст глюкози в плазмі крові був меншим у 2,7 рази, порівняно з контролем. Також можна зазначити, що концентрація глюкози в плазмі крові у всіх дослідних групах пропорційно знижувалась відповідно до тривалості адаптації та концентрації амонійного азоту.

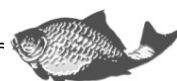


Таким чином, на ранніх етапах пристосування риби є малочутливими до надмірних концентрацій амонійного азоту ($24,0 \text{ мг N/дм}^3$), проте на тривале перебування в забрудненому середовищі карась реагує збільшенням запасу енергоємних речовин та зростанням індексів внутрішніх органів. Хоча за адаптації в декілька поколінь риби мають зменшену печінку, збільшену селезінку та менший рівень глюкози у плазмі крові, порівняно з іншими піддослідними групами риб. Попри це, інші показники, здебільшого, приходять в нормальний стан — наближені до результатів риб з контрольної водойми, що може свідчити про вдале пристосування карася сріблястого до концентрації амонійного азоту 48 мг N/дм^3 .

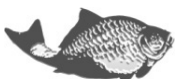
Отже, отримані результати свідчать про високий рівень опірності сріблястого карася за існування в нетипових та екстремальних для більшості представників іхтіофауни екологічних умовах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Wilcove D. S., Chen L. Y. Management costs for endangered species // *Conservation Biology*. 1998. P. 1405—1407.
2. Boesch D. F., Dennison W., Houde K. Factors in the decline of coastal ecosystems. Washington : Science, 2001. 1591 p.
3. Ситник Ю. М., Арсан О. М., Киричук Г. Є. Вміст іонів важких металів у органах та тканинах моллюсків деяких водойм міської зони Києва // *Наукові записки Тернопільського Національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка*. 2012. № 2 (51). С. 230—236. (Серія : Біологія).
4. Дгебуадзе Ю. Ю. Экологические закономерности изменчивости роста рыб : автореф. дис. на соискание уч. степени докт. биол. наук. Москва, 1998. 54 с.
5. Сыромятникова С. И., Колмыков С. И., Корнилов А. Г. Азотистое загрязнение объектов Белгородской области в сельскохозяйственных и горнопромышленных районах // *Научные ведомости*. 2012. № 15 (134), вып. 20. С. 173—177. (Серия Естественные науки).
6. Швед Т. А., Ісаєв С. Д. Оцінка дотримання вимог щодо прибережних захисних смуг на прикладі об'єктів м. Києва // *Інтегроване управління водними ресурсами : наук. збірник*. 2014. № 2. 121 с.
7. Добрянська Г. М., Мельник А. П., Янович Н. Є. Особливості вміст важких металів в організмі різних видів промислових риб // *Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С.З. Гжицького*. 2013. Т. 15, № 1 (55), ч. 4. С. 53.
8. 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. Київ : ІГБ НАН України, 2011. 44 с.
9. Алекин О. А., Семенов А. Д., Скопинцев Б. А. Методика определения аммонийного азота и свободного аммиака. Ленинград : Гидрометеиздат, 1973. 103 с.
10. Практикум по биохимии / ред. С. Е. Северина, Г. А. Соловьевой. Москва : МГУ, 1989. 510 с.
11. Lowry J. O. H., Rosenbrough N. J., Farr A.L. et al. Protein measurement with the Folin phenol reagent // *J. Biol. Chem.* 1951. Vol. 193, № 1. P. 265—275.
12. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. Москва : Пищевая промышленность, 1966. 376 с.



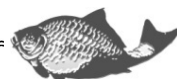
13. Яржомбек А. А., Лиманский В. В., Щербина Т. В. Справочник по физиологии рыб. Москва : Агропромиздат, 1986. 192 с.
14. Вплив кадмію та хрому (VI) на стан антиоксидантної системи в клітинах крові коропа (*Cyprinus carpio* L.) / Багдай Т. В. та ін. // Біологія тварин. 2015. Т. 17, № 1. С. 11—14.
15. Фунг Н. Д., Распопов В. М., Сергеева Ю. В. Морфобиологическая характеристика заводской молоди осетра для формирования запасов // Вестник АГТУ. 2013. № 2. С. 191—196. (Серия : Рыбное хозяйство).
16. Гейна К. М. Біологічна характеристика промислового стада сріблястого карася (*Carassius auratus gibelio* (Bloch, 1782)) Дніпровсько-Бузької гирлової системи // Рибогоподарська наука України. 2017. № 3. С. 37—49.
17. Клименко О. М., Куновський Ю. В., Присяжнюк Н. М. Динаміка змін фізичних параметрів кровотворних органів коропа впродовж вегетаційного періоду // Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. 2013. № 10 (105). С. 44.
18. Пронина Г. И., Ревякин А. О., Корягина Н. Ю., Патологические изменения поджелудочной железы и печени рыб под действием аллоксана // Биомедицина. 2013. Т. 1, № 3. 59 с.
19. Htun-Nan M. The reproductive biology of the dab *Limanda limanda* (L.) in the North Sea: gonosomatic index, hepatosomatic index and condition factor // Fish boil. 1978. P. 369—378.
20. Жиденко А. А. Особенности пластического обмена карпа разного возраста под действием гербецидов // Вісник Дніпропетровського університету. 2008. № 16, т. 3. С. 84—92. (Біологія. Екологія).
21. Рыжков Л. П., Кучко Т. Ю. Селезенка — морфофизиологический индикатор качества состояния популяции рыб // Экологическая физиология водных организмов. Петрозаводск, 1992. С. 11—17.
22. Примачев М. Т. Комплексное влияние паразитов и загрязнения воды на морфо-физиологические показатели рыб // Проблеми функціонування та підвищення продуктивності водних екосистем : II Міжнар. наук.-практ. конф. : тези доп. Дніпро : Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, 2017. С. 34—35.
23. Дорохова И. Н. Особенности морфофизиологических и биохимических параметров печени морского ерша из бухт с различным уровнем загрязнения // Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов. Экология физиология и биохимия водных организмов : Обзор статей. 2010. С. 44—47.
24. Кириллов В. Н. Особенности липидного обмена в организме рыб в условиях повышенной минерализации воды // Вестник АГТУ. 2009. № 1. С. 132—133. (Серия : Рыбное хозяйство).
25. Арсан В. О. Енергозабезпечення організму коропа при адаптації до змін концентрації іонів важких металів у водному середовищі : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.10 «Іхтіологія». Київ, 2004. 20 с.
26. Попова Е. М., Коцкій І. В. Ліпіди як компонент адаптації риб до екологічного стресу // Рибогосподарська наука України. 2007. № 1. С. 49—56.
27. Бычкова Л. И., Симаков Ю. Г. Ихтиотоксикология. Учебно-методический комплекс дисциплин по специальности (направлению) 110901.65 – Водные биоресурсы и аквакультура. 2012. 389 с.



28. Жуков Д. А. Биология поведения: гуморальные механизмы. СПб : Речь, 2007. 443 с.
29. Kennish M. J. Environmental threats and environmental future of estuaries // *Environmental Conservation*. 2002. Vol. 29, № 1. P. 78—107.
30. Причепя М. В., Потрохов О. С., Зіньковський О. Г. Метаболічні стрес-реакції в окуня *Perca fluviatilis* L. та йоржа *Gymnocephalus cernua* L. за дії фенолу та біхромату калію // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. 2014. № 1 (58). С. 44—50. (Серія : Біологія).

REFERENCES

1. Wilcove, D. S. & Chen L. Y. (1998). Management costs for endangered species. *Conservation Biology*, 1405-1407.
2. Boesch, D. F., Dennison, W., & Houde, K. (2001). *Factors in the decline of coastal ecosystems*. Washington: Science, 1591.
3. Sytnyk, Yu. M., Arsan, O. M., & Kyrychuk, H. Ye. (2012). Vmist ioniv vazhkykh metaliv u orhanakh ta tkanynakh moliuskiv deiakykh vodoim miskoi zony Kyieva. *Naukovi zapysky Ternopilskoho Natsionalnoho pedahohichnoho universytetu im. Volodymyra Hnatiuka*, 2 (51), 230-236.
4. Drebuadze, Yu. Yu. (1998). Ekologicheskie zakonomernosti izmenchivosti rosta ryb. *Extended abstract of doctor's thesis*.
5. Syromyatnikova, S. I., Kolmykov, S. I., & Kornilov, A. G. (2012). Azotistoe zagryaznenie ob"ektov Belgorodskoy oblasti v sel'skokhozyaystvennykh i gornopromyshlennyy rayonakh. *Nauchnye vedomosti. Seriya Estestvennye nauki*, 15 (134), 20, 173-177.
6. Shved, T. A., & Isaiev, S. D. (2014). Otsinka dotrymannia vymoh shchodo pryberezhnykh zakhysnykh smuh na prykladi ob'ektiv m. Kyieva. *Intehrovane upravlinnia vodnymi resursamy: nauk. zbirnyk*, 2, 121.
7. Dobrianska, H. M., Melnyk, A. P., & Yanovych, N. Ye. (2013). Osoblyvosti vmist vazhkykh metaliv v orhanizmi riznykh vydiv promyslovykh ryb. *Naukovyi visnyk LNUVMBT im. S. Z. Hzhyskoho*, 15, 1 (55), 4, 53.
8. Potrohov, O. S. (2011). Fiziologo-biohimichni mehanizmy adaptacii' ryb do zmin ekologichnyh chynnykiv vodnogo seredovyshha. *Extended abstract of doctor's thesis*. Kyi'v: IGB NAN Ukrainy.
9. Alekin, O. A., Semenov, A. D., & Skopintsev, B. A. (1973). Metodika opredeleniya ammoniynogo azota i svobodnogo ammiaka. Leningrad: Gidrometeoizdat.
10. Severina, S. E., & Solov'evoy, G. A. (Eds.) (1989). *Praktikum po biokhimii*. Moskva: MGU.
11. Lowry, J. O. H., Rosenbnrough, N. J., & Farr, A. L. et al. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem. Vol.*, 193, 1, 265-275.
12. Pravdin, I. F. (1966). *Rukovodstvo po izucheniyu ryb*. Moskva: Pishch. promyshlennost'.
13. Yarzhombek, A. A., Limanskiy, V. V., & Shcherbina, T. V. (1986). *Spravochnik po fiziologii ryb*. Moskva: Agropromizdat.
14. Bagday, T. V., Snitins'kiy, V. V., Antonyak, G. L., & Oleksyuk, N. P. (2015). Vpliv kadmiyu ta khromu (VI) na stan antioksidantnoi sistemi v klitinakh krovii koropa (*Cyprinus carpio* L.). *Biologiya tvaryn*, 17(1), 11-14.



15. Fung, N. D., Raspopov, V. M., & Sergeeva, Yu. V. (2013). Morfobiologicheskaya kharakteristika zavod skoy molodi osetra dlya formirovaniya zapasov. *Vestnik AGTU. Ser.: Rybnoe khozyaystvo*, 2, 191-196.
16. Haina, K. M. (2017). Biolohichna kharakterystyka promyslovoho stada sribliastoho karasia (*Carassis auratus gibelio* (Bloch, 1782)) Dniprovsko-Buzkoï hyrlovoi systemy. *Rybohopodarska nauka Ukrainy*, 3, 37-49.
17. Klymenko, O. M., Kunovskyi, Yu. V., & Prysiazhniuk, N. M. (2013). Dynamika zmin fizychnykh parametriv krovotvornykh orhaniv koropa vprodovzh vehetatsiinoho periodu. *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva*, 10 (105), 44.
18. Pronina, G. I., Revyakin, A. O., & Koryagina, N. Yu. (2013). Patologicheskije izmeneniya podzheludochnoy zhelezy i pecheni ryb pod deystviem alloksana. *Biomeditsina*, 1, 3, 59.
19. Htun-Han, M. (1978). The reproductive biology of the dab *Limanda limanda* (L.) in the North Sea gonosomatic index, hepatosomatic index and condition factor. *Fish boil*, 369-378.
20. Zhidenko, A. A. (2008). Osobennosti plasticheskogo obmena karpa raznogo vozrasta pod deystviem gerbetsidov. *Visnik Dnipropetrovs'kogo universitetu. Biologiya. Ekologiya*, 16, 3, 84-92.
21. Ryzhkov, L. P. (1992). Selezhenka – morfofiziologicheskiiy indikator kachestva sostoyaniya populyatsii ryb. *Ekologicheskaya fiziologiya vodnykh organizmov*, 11-17.
22. Primachev, M. T. (2017). Kompleksnoe vliyanie parazitov i zagryazneniya vody na morfo-fiziologicheskije pokazateli ryb. *Problemy funktsionuvannia ta pidvyshchennia produktyvnosti vodnykh ekosystem: II Mizhnar. nauk.-prakt. konf.: tezy dop.* Dnipro: Dniprovskiy natsionalnyi universytet imeni Olesia Honchara, 34-35.
23. Dorokhova, I. N. (2010). Osobennosti morfofiziologicheskikh i biokhimicheskikh parametrov pecheni morskogo ersha iz bukht s razlichnym urovnem zagryazneniya. *Sovremennye problemy fiziologii i biokhimii vodnykh organizmov. Ekologiya fiziologiya i biokhimiya vodnykh organizmov: Obzor statey*, 44-47.
24. Kirillov, V. N. (2009). Osobennosti lipidnogo obmena v organizme ryb v usloviyakh povyshennoy mineralizatsii vody. *Vestnik AGTU. Seriya: Rybnoye khozyaystvo*, 1, 132-133.
25. Arsan, V. O. (2004). Enerhozabezpechennia orhanizmu koropa pry adaptatsii do zmin kontsentratsii ioniv vazhkykh metaliv u vodnomu seredovyshchi. *Extended abstract of candidate's thesis*.
26. Popova, E. M., & Koshchii, I. V. (2007). Lipidy yak komponent adaptatsii ryb do ekolohichnoho stresu. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, 1, 49-56.
27. Bychkova, L. I., & Simakov, Yu. G. (2012). *Ikhtiotoksikologiya. Uchebno-metodicheskiiy kompleks distsiplin po spetsial'nosti (napravleniyu): 110901.65 – Vodnye bioresursy i akvakul'tura*.
28. Zhukov, D. A. (2007). *Biologiya povedeniya: humoral'nyye mekhanyzmy*. Sankt-Peterburg: Rech.
29. Kennish, M. J. (2002). Environmental threats and environmental future of estuaries. *Environmental Conservation*, 29, 1, 78-107.
30. Prychepa, M. V., Potrohov O. S., & Zin'kovs'kyj O. G. (2014). Metabolichni stres-reakcii' v okunja *Perca fluviatilis* L. ta jorzha *Gymnocephalus cernua* L. za dii' fenolu ta bihromatu kaliju. *Naukovi zapysky Ternopil's'kogo nacional'nogo pedagogichnogo universytetu imeni Volodymyra Gnatjuka. Ser. Biologiya*, 1 (58), 44-50.



НЕКОТОРЫЕ АДАПТИВНЫЕ РЕАКЦИИ КАРАСЯ СЕРЕБРЯНОГО
CARASSIUS AURATUS GIBELIO (BLOCH)
ПРИ ЧРЕЗМЕРНОЙ НАГРУЗКЕ АММОНИЙНЫМ АЗОТОМ

Ю. А. Коваленко, kovalenkoyuliia888@gmail.com, Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев

М. Т. Примачёв, alkaloid@lan.ua, Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев

А. С. Потрохов, alport@bigmir.net Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев

О. Г. Зиньковский, hydrobiol@igb.abc.com.ua, Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев

Цель. Целью работы было установление различий в морфофизиологических показателях и в накоплении энергоемких веществ у серебряного карася (*Carassius auratus gibelio* (Bloch, 1782)), содержащегося в разные промежутки времени при различной концентрации аллохтонного азота в воде.

Методика. В ходе работы были определены морфофизиологические показатели карася серебряного, а именно: коэффициенты упитанности, индексы печени и селезенки, содержание белков, липидов и гликогена в органах и тканях рыб, а также содержание глюкозы в плазме крови. Сбор и обработка ихтиологических материалов были выполнены в соответствии с общепринятыми методиками.

Результаты. Проведенные исследования показали, что при существенной концентрации аммонийного азота — до 24,3 мг N/дм³ — и с увеличением времени адаптации (от 3 месяцев до нескольких поколений), в одновозрастных группах рыб наблюдается разница в длине и массе тела, что подтверждается показателями упитанности по Фультону и Кларк.

У карася с наименьшим и наибольшим временем адаптации — 3 месяца при концентрации 24,0 мг N/дм³ и несколько поколений к концентрации аммонийного азота 48,0 мг N/дм³ — индекс печени был меньше на 8,0 и 22,7% по сравнению с контролем, а у рыб с адаптацией в течение 3 лет к концентрации 24,3 мг N/дм³ индекс печени, напротив, увеличился относительно контроля.

Во всех опытных группах карася серебряного было отмечено устойчивое содержание белка в мышцах. При адаптации рыб в течение 3-х месяцев, содержание липидов в печени рыб несколько превышало контрольное значение, однако у карася с адаптацией в 3 года, содержание липидов было значительно ниже контроля (на 35%), а у рыб с продолжительной адаптацией содержание липидов в печени приближается к контрольным значениям. Также в печени подопытных рыб с непродолжительными адаптациями (3 месяца и 3 года), содержится больше гликогена, однако при длительной адаптации к концентрации аммонийного азота 48,0 мг N/дм³ содержание гликогена приближается к контрольным значениям.

Научная новизна. Впервые изучены адаптивные возможности карася серебряного по морфофизиологическим показателям при длительном воздействии высоких концентраций аммонийного азота.

Практическое значение. Полученные данные можно использовать для понимания особенностей приспособления карповых рыб (на примере серебряного карася) к существованию в водоемах, подвергающихся чрезмерному действию соединений азота. Это позволит оценить в дальнейшем, как при таких условиях формируются новые стойкие популяции рыб.

Ключевые слова: серебряный карась, адаптация, аммонийный азот, индекс печени, индекс селезенки, коэффициент упитанности, белки, липиды, гликоген.

