

# ЕКОЛОГІЧНА ФІЗІОЛОГІЯ І БІОХІМІЯ ВОДНИХ ТВАРИН

---

УДК 574.24:591.1[57.02+57.04](597)

**О.С. ПОТРОХОВ**, д. б. н., ст. наук. співроб., зав. відділу,  
Інститут гідробіології НАН України,  
просп. Володимира Івасюка, 12, Київ, 04210, Україна,  
e-mail: apotrokhov@gmail.com  
ORCID 0000-0002-8274-6898

**О.Г. ЗІНЬКОВСЬКИЙ**, к. б. н., ст. наук. співроб., пров. н.с.,  
Інститут гідробіології НАН України,  
просп. Володимира Івасюка, 12, Київ, 04210, Україна  
e-mail: olzinkovskyi@gmail.com  
ORCID 0000-0003-4135-5839

**Ю.М. ХУДІЯШ**, к. б. н., ст. наук. співроб.,  
Інститут гідробіології НАН України,  
просп. Володимира Івасюка, 12, Київ, 04210, Україна  
e-mail: yurahud@ukr.net,  
ORCID 0000-0002-8588-0371

**О.М. ВОДЯНІЦЬКИЙ**, к. б. н., наук. співроб.,  
Інститут гідробіології НАН України,  
просп. Володимира Івасюка, 12, Київ, 04210, Україна  
e-mail: fishfarmeralex@ukr.net,  
ORCID 0000-0002-4912-689X

**К. КОФОНОВ**, доктор філософії, мол. наук. співроб.,  
Інститут гідробіології НАН України,  
просп. Володимира Івасюка, 12, Київ, 04210, Україна  
e-mail: kirillkofonov16@gmail.com,  
ORCID 0000-0002-7859-5193

## РЕАДАПТАЦІЯ КАРАСЯ СРІБЛЯСТОГО ДО СТАНДАРТНИХ УМОВ ПІСЛЯ ТРИВАЛОГО ТОКСИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ АМОНІЙНИМ АЗОТОМ ПРОТЯГОМ КІЛЬКОХ ПОКОЛІНЬ

---

*Досліджено реадaptaцію карася сріблястого після тривалої, протягом кількох поколінь успішної адаптації у водоймі, що забруднена сполуками неорганічного азоту, та його повернення в сприятливі умови середовища. Після тримісячної адаптації до стандартних умов всі досліджені фізіологічні показники (індекси органів та вгодованість за Фультоном) досягли контрольних величин. На біохімічному рівні карась не зміг повернутися до вихідного фізіологічного стану, а досліджені показники не досягли контрольних величин. За показниками вмісту гормонів (кортизолу, Т3 і Т4)*

---

Ц и т у в а н н я: Потрохов О.С., Зіньковський О.Г., Худіяш Ю.М., О.М. Водяніцький, Кофонов К. Рееадаптація карася сріблястого до стандартних умов після тривалого токсичного навантаження амонійним азотом протягом кількох поколінь. *Гідробіол. журн.* 2023. Т. 59. № 2. С. 50—60.

та глюкози у плазмі крові можна стверджувати, що у піддослідних риб залишається енергозберігаючий метаболізм. У піддослідних риб спостерігається децго інший шлях у забезпеченні екскреції надлишкового амонійного азоту з організму у водному середовищі. Так, вміст білку, як основа транспорту аміаку, у плазмі крові був зниженим порівняно до контролю. Протягом всієї рееадаптації у піддослідних риб спостерігається підвищений вміст гемоглобіну у крові. Таким чином, повної рееадаптації риб протягом трьох місяців не відбулось, а найбільш показовим виявився біохімічний стан риб.

**Ключові слова:** карась сріблястий, амонійний азот, фізіологічний стан, біохімічні показники, гормони, рееадаптація.

Сьогодні дедалі більше водойм зазнає негативного впливу, спричиненого наслідками посиленого антропогенного навантаження [12]. Визначення фізіолого-біохімічного стану водних тварин за дії природних та антропогенних чинників є одним із актуальних завдань біології. Будь-які речовини, що потрапляють до середовища в кількості більшій від середньої природної фонові величини, можуть розглядатись як забруднювачі. Біологічні наслідки їхнього впливу перш за все проявляються у змінах біохімічних, фізіологічних та морфологічних показників організму гідробіонтів. Використання саме біохімічних методів надає можливості визначити межі адаптивних можливостей організму за умов забруднення водного середовища [14].

Відомо, що процеси пристосування до негативних чинників відбуваються передусім за рахунок фізіологічної та біохімічної адаптації, яка визначає межі екологічної валентності виду [5]. Здатність долати стрес та швидко поновлювати енергетичний баланс — це ключовий етап у формуванні стійких популяцій у екологічно пластичних видів риб [4, 10]. Розуміння цієї проблеми — це важливий крок щодо розширення нашої уяви стосовно екологічної полівалентності різних видів риб.

У сучасних наукових роботах широко обговорюються механізми пристосування риб до впливу токсичного середовища [9, 13, 22]. Проте менше уваги приділяється питанням того, яким чином відбуваються процеси адаптації риб після тривалого впливу несприятливих чинників за умов покращення якості водного середовища.

Тому метою наших досліджень було визначити, які зміни у фізіологічних та біохімічних реакціях відбуваються в організмі риб у процесі їхньої рееадаптації після покращення якості водного середовища.

### Матеріал і методика досліджень

Дослідження проводили на Білоцерківській експериментальній гідробіологічній станції Інституту гідробіології НАН України.

Як модельний об'єкт було обрано карася сріблястого *Carassius auratus gibelio* (Bloch.), який протягом кількох поколінь існував у забрудненому сполуками неорганічного азоту ставку № 3, та риби, які постійно перебували у ставках зі сприятливими умовами.

У забрудненому ставку концентрація розчиненого кисню перебувала в межах 6,5—8,8 мг/дм<sup>3</sup>, загальна мінералізація — 412,2—524,0 мг/дм<sup>3</sup>,

концентрація фосфат-йонів — 0,65—0,78 мг Р/дм<sup>3</sup>. Середньорічна концентрація неорганічних сполук азоту вказана у таблиці 1.

Контрольна водойма характеризувалась наступними показниками: концентрація розчиненого кисню — 4,5—6,5 мг/дм<sup>3</sup>, загальна мінералізація — 353,2—368,0 мг/дм<sup>3</sup>, концентрація фосфат-йонів — 0,16—0,88 мг Р/дм<sup>3</sup>. У цій водоймі не спостерігалось перевищення норм за концентрацією йонів амонію, нітритів та нітратів.

На початку липня карасів із забрудненого ставка перенесли у контрольну водойму, де риби перебували протягом трьох місяців.

Вивчення морфо-фізіологічних показників риб, а саме індексів органів, проводили загальноприйнятими методами [7], прирівнюючи масу органів до маси тіла риби. Вгодованість риб за Фультоном визначали згідно загальноприйнятої методики [3].

Відбирали плазму крові шляхом центрифугування при 5 тис. обертів за хвилину протягом 15 хв та зберігали при температурі -18 °С. Кров риб відбирали із серця.

Вміст гемоглобіну визначали за допомогою набору реактивів «Гемоглобін» (ПрАТ «Реагент»), вміст метгемоглобіну — за Канаєвим [2].

У плазмі крові визначали вміст глюкози (ммоль/дм<sup>3</sup>) глюкозооксидазним методом [1]. Кількість сумарних білків визначали за Лоурі [6].

Вміст кортизолу у плазмі крові визначали, використовуючи імуноферментний аналізатор Rayto RT-2100C і комерційні набори кортизол — «ДС-ІФА-Стероїд». Загальний вміст тироксину (Т4) та трийодтироніну (Т3) визначали у плазмі крові імуноферментним методом, використовуючи комерційні набори Т3-ІФА та Т4-ІФА (НВЛ Гранум).

Отримані дані обробляли статистично з використанням програм Statistica. 10, програм Excel із пакету Microsoft Office. Достовірність між досліджуваними групами оцінювали за допомогою t-критерію Стьюдента за рівня ймовірності  $p < 0,05$ .

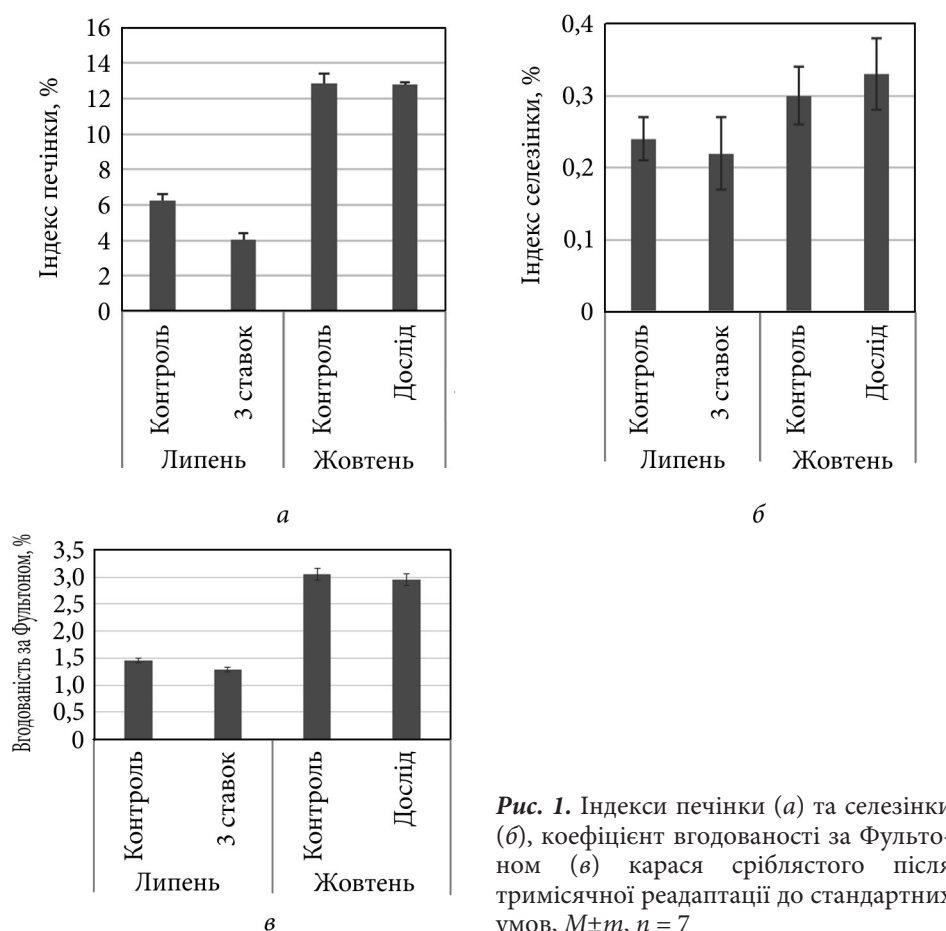
### Результати досліджень та їх обговорення

Як показали дослідження, риби, які знаходились у водоймі, забрудненій сполуками неорганічного азоту, зокрема амонійним в концентрації 6,8—42,6 мг N/дм<sup>3</sup>, характеризувались меншим індексом печінки, вгодованістю за Фультоном та однаковим індексом селезінки порівняно з контрольними особинами (рис. 1).

Таблиця 1

Середньорічна концентрація сполук неорганічного азоту у досліджуваних водоймах, мг N/дм<sup>3</sup> (2018—2021 рр.)

| Сполуки                      | Забруднена водойма | Контрольна водойма |
|------------------------------|--------------------|--------------------|
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | 12,28—65,12        | 0,100—0,276        |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | 2,43—12,30         | 0,006—0,020        |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 110,16—185,20      | 19,4—64,0          |



**Рис. 1.** Індеси печінки (а) та селезінки (б), коефіцієнт вгодюваності за Фультоном (в) карася сріблястого після тримісячної реадаптації до стандартних умов,  $M \pm m$ ,  $n = 7$

Після тримісячної адаптації карася до стандартних умов усі досліджені фізіологічні показники прийшли до норми і різниці між піддослідними та контрольними групами риб не спостерігалось. За час перебування у стандартних умовах у риб пройшла повна фізіологічна реадаптація, їхні показники наблизились до контрольних величин.

Відомо, що підвищений вміст кортизолу у крові свідчить про те, що риби знаходяться у стресовому стані. При цьому вони інтенсивно використовують енергетичні запаси, зокрема глікоген м'язів і печінки. Саме кортизол збільшує утворення глюкози як в результаті глюконеогенезу, так і глікогенолізу, він відіграє важливу роль у підвищенні вмісту глюкози у плазмі крові. Вміст кортизолу використовують як індикатор стресу [15]. Але в процесі адаптації риб до впливу токсичних речовин вміст кортизолу поступово знижується. В першу чергу це відбувається через перехід риб на енергозберігаючий метаболізм. Нашими дослідженнями встановлено, що за тривалої адаптації до складних умов середовища у риб спостерігається менший рівень кортизолу порівняно з особинами, які пос-

тійно знаходились у задовільних умовах. У жовтні місяці риби, які реадapтувались до сприятливих умов, продовжували перебувати у стані заощадження енергетичних ресурсів, а вміст кортизолу у них був меншим на 64,0 % порівняно до контролю (рис. 2).

Тироксин та трийодтиронін також приймають участь у процесах, спрямованих на подолання явищ стресу [11]. Вони відіграють важливу роль у регуляції обміну речовин, а саме стимуляції окислювальних процесів [19], які виконують захисну функцію в організмі риб за інтоксикації [16]. Це особливо важливо за тривалої дії на організм несприятливого токсичного чинника [16— 19]. Передбачається участь тиреоїдних гормонів у забезпеченні механізмів стійкості риб до дії стресорів [21]. Гормони щитоподібної залози відіграють важливу роль у процесах росту та розвитку риб. Вони беруть активну участь у регуляції вуглеводного та ліпідного обміну, а за стресових умов сприяють інтенсивній мобілізації глюкози [8].

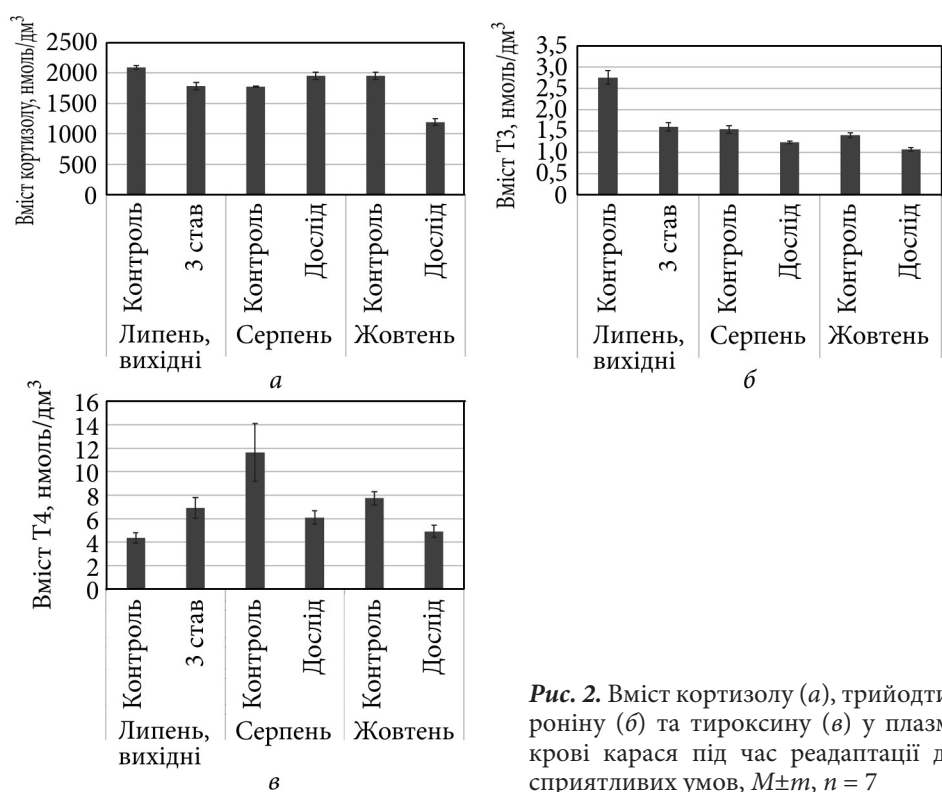
Як показали дослідження, вміст трийодтироніну у плазмі крові як у риб з вихідної популяції із забрудненого ставка, так і піддослідних карасів протягом усього реадapтаційного періоду залишався на більш низькому рівні порівняно до контролю. Це, насамперед, свідчить про меншу активність енергетичного обміну та наявність компенсаторного механізму для заощадження енергетичних ресурсів незалежно від мешкання риб в нормальних умовах.

Якщо у карася вміст тироксину, який є менш активним, ніж трийодтиронін, та є резервом для утворення останнього, у вихідній популяції із забрудненої водойми був більшим порівняно до контролю, то після однієї тримісячної реадapтації до сприятливих умов він значно знизився — відповідно у 1,9 та 1,6 разів. Тобто знижений енергетичний обмін у риб в процесі реадapтації до нормальних умов не потребує додаткового синтезу резервів тиреоїдних гормонів.

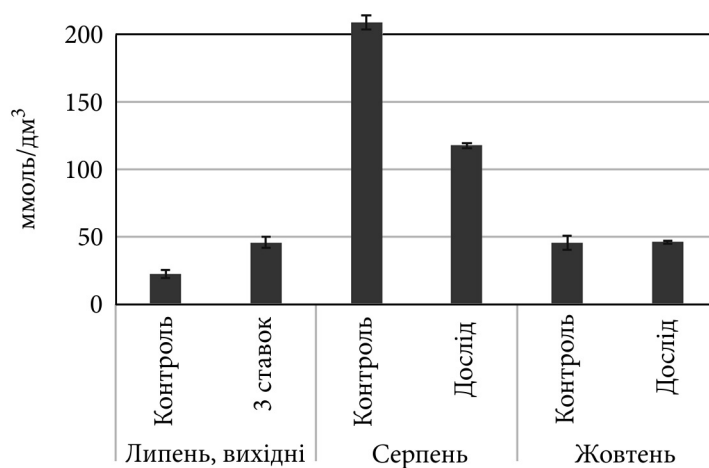
Таким чином, за показниками вмісту гормонів можна стверджувати, що у риб, які були попередньо адаптовані до складних умов існування, залишається енергозберігаючий метаболізм і у сприятливих умовах.

Про енергозаощаджуючі механізми популяції карася, адаптованого до екстремального забруднення водойми, свідчить і вміст глюкози у плазмі крові, яка є основним енергетичним ресурсом. Якщо у вихідній популяції карася був дещо більший її вміст у крові порівняно до контролю, то під час активного росту та живлення риб у серпні місяці у особин, які знаходились у процесі реадapтації, вміст глюкози у крові був меншим у 1,8 раза порівняно до контролю (рис. 3). Після завершення вегетаційного періоду вміст глюкози двох груп риб вирівнявся.

Наявність надлишкового амонійного азоту у водному середовищі викликає необхідність більшого вмісту білків у плазмі крові задля його транспортування до зябер та повернення в оточуюче середовище [20]. Це помітно за даними з вмісту білку у крові риб із забрудненої та умовно чистої водойми. При реадapтації риб до сприятливих умов екскреторна функція білків плазми вже не потрібна, і у риб з екстремально забрудне-

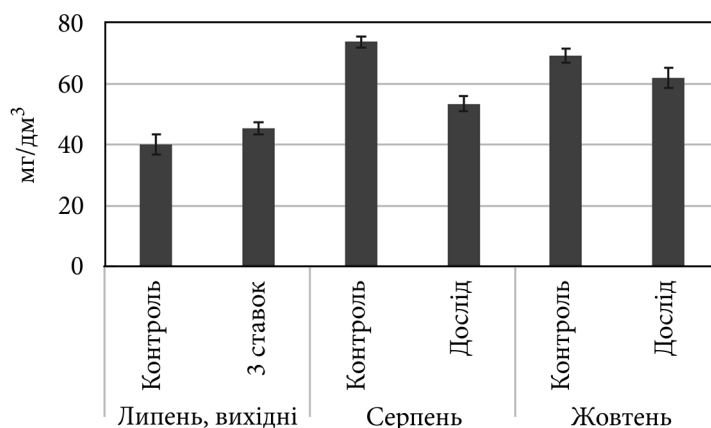


**Рис. 2.** Вміст кортизолу (а), трийодтироніну (б) та тироксину (в) у плазмі крові карася під час реадаптації до сприятливих умов,  $M \pm m$ ,  $n = 7$

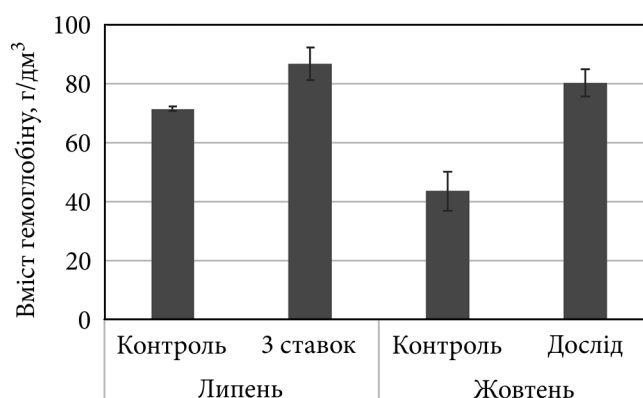


**Рис. 3.** Вміст глюкози у плазмі крові карася під час реадаптації до стаціонарних умов,  $M \pm m$ ,  $n = 7$

ного ставка вміст білку як у серпні, так і у жовтні був меншим відповідно на 37,7 та 12,0 % порівняно з контролем (рис. 4). За тривалого впливу амонійного азоту на риб протягом кількох поколінь виробився дещо



**Рис. 4.** Вміст білку у плазмі крові карася під час реадaptaції до стаціонарних умов,  $M \pm m$ ,  $n = 7$



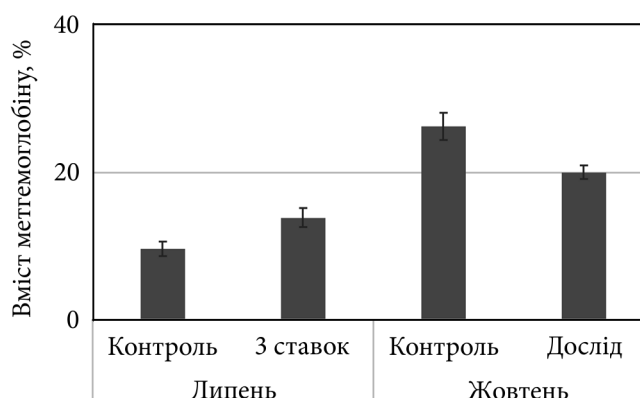
**Рис. 5.** Вміст гемоглобіну у крові карася під час реадaptaції до стаціонарних умов,  $M \pm m$ ,  $n = 7$

інший шлях виведення надлишкового аміаку з організму, можливо за рахунок синтезу білків, що здатні більш активно виводити аміак.

Про неповну реадaptaцію карася до сприятливих умов після тривалого токсичного навантаження свідчить і вміст гемоглобіну в крові. Так, у вихідних популяціях риб концентрація гемоглобіну була більшою у карася із забрудненого ставка на 21,4 % порівняно до контролю (рис. 5). Після тримісячної адаптації цих риб до сприятливих умов вміст гемоглобіну не тільки не наблизився до контролю, а різниця між його величинами збільшилась до 84,5 %.

В той же час, якщо частка метгемоглобіну від загального гемоглобіну у вихідних груп риб була більшою на 30,6 % у карася сріблястого із забрудненої водойми, то після його реадaptaції до нових умов в жовтні місяці вона була меншою на 31,2 % за контрольну групу риб (рис. 6). Слід





**Рис. 6.** Частка метгемоглобіну від загального гемоглобіну у плазмі карася під час рееадаптації до стаціонарних умов,  $M \pm m$ ,  $n = 7$

відмітити, що в осінній період як у контрольній, так і піддослідній групі риб частка метгемоглобіну від загального гемоглобіну збільшилась у 2,7 раза та на 44,4 % відповідно. Але слід зауважити, що підвищений вміст метгемоглобіну у крові не був критичним та не міг позначитись на фізіологічному стані карася з різних вибірок.

Таким чином, на біохімічному рівні риби, які протягом кількох поколінь існували в екстремально забрудненій сполуками неорганічного азоту водоймі, не змогли повернутися до контрольного біохімічного стану та їхні показники не досягли вихідних величин.

### Висновки

Встановлено, що після тримісячного перебування карася сріблястого в сприятливих умовах після тривалого, протягом кількох поколінь токсичного навантаження амонійним азотом ( $6,8\text{—}42,6 \text{ мг N/дм}^3$ ) рееадаптація відбулася лише на фізіологічному рівні. Індeksi селезінки, печінки та вгорованість за Фультоном наблизились до контрольних величин.

Проте на біохімічному рівні майже всі досліджені показники риб не досягли контрольних величин. Карась продовжував застосовувати енергозощаджуючі механізми підтримки обміну речовин. Вміст кортизолу та трийодтироніну в плазмі крові був меншим відповідно на 64,0 та 30,8 % порівняно з контролем. Також спостерігався менший вміст глюкози у плазмі крові піддослідних риб порівняно до контролю в літній період, хоча він наблизився до контрольних величин в осінній період, під час підготовки риб до зимівлі.

За вмістом білку у крові можна стверджувати, що у карася із забрудненої водойми відбувається активний транспорт аміаку з тканин до зябер та його екскреція у зовнішнє середовище. За сприятливих умов цього вже не потрібно, і вміст білку у крові піддослідних риб був меншим на 12,0—37,7 % порівняно до контролю протягом рееадаптації риб до сприятливих умов.



Також протягом всієї реадaptaції у карася встановлено більший вміст гемоглобіну у крові порівняно з контролем. При цьому частка метгемоглобіну поступово зменшилася порівняно до контролю.

Таким чином, повної реадaptaції карася протягом трьох місяців не спостерігається, причому найбільш показовими виявились біохімічні дослідження.

#### Список використаної літератури

1. Герасименко В.Л. Обзор методов определения глюкозы. Москва : Наука, 2005. 356 с.
2. Канаев А.И., Полякова В.Н., Козаченко Н.Г. и др. Метод определения метгемоглобина в крови карпов. *Бюл. ВНИИ экспериментальной ветеринарии*. 1987. Т. 63. С. 18—21.
3. Методика морфо-физиологических и биохимических исследований рыб. Москва : ВНИРО, 1972. 118 с.
4. Моисеенко Т.И. Стратегия ответов организма и популяций рыб на антропогенный стресс. Междунар. науч. конф. и выездная науч. сессия «Биологические основы изучения, освоения и охраны животного и растительного мира почвенного покрова Восточной Фенноскандии» (Россия, Петрозаводск, 6—10 сент. 1999 г.). Петрозаводск. 1999. С. 243—282.
5. Немова Н.Н. Механизмы биохимической адаптации у водных организмов. Экологические и эволюционные аспекты. Петрозаводск : Карельск. науч. центр РАН, 2010. С. 198—214.
6. Практикум по биохимии : Учеб пособие / под. ред. С.Е. Северина, Г.А. Соловьевой. Москва : Изд-во Моск. гос. ун-та, 1989. 509 с.
7. Яржомбек А.А., Ламанский В.В., Щербина Т.В. Справочник по физиологии рыб. Москва : Агропромиздат, 1986. 192 с.
8. A Al-Kindi A.Y, Brown J.A., Waring C.P. Endocrine physiological and histopathological responses of fish and their larvae to stress with emphasis on exposure to crude oil and various petroleum hydrocarbons. *Science and Technology, Special Review*. 2000. P. 1—30.
9. Alexander A., Verma O.P., Mathur A. et al. Evaluation of metabolic parameters and enzymes involved in metabolic pathways in *Clarias botrachus* after exposed to phenolic compounds. *Asian J. Biomed. Pharmaceut. Sci*. 2013. Vol. 3 (21). P. 60—67.
10. Aslam S., Yousafzai A.M. Chromium toxicity in fish: A review article. *J. Entomol. Zool. Stud*. 2017. Vol. 5, N 3. P. 1483—1488.
11. Brar N.K., Waggoner C., Reyes J.A. et al. Evidence for thyroid endocrine disruption in wild fish in San Francisco Bay, California, USA Relationships to contaminant exposures. *Aqua Toxicol*. 2010. Vol. 96, N 3. P. 203—215.
12. Davila J., Marcial-Martinez L.M., Vianab M.T., Vazquez-Duhalt R. The effect of broccoli in diet on the cytochrome P450 activities of tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) during phenol exposure. *Aquaculture*. 2010. Vol. 304. P. 58—65.
13. Martinez-Porchas M., Martinez-Cordova L. R., Ramos-Enriquez R. Cortisol and glucose: reliable indicators of fish stress? *Pan-American J. Aquat. Sci*. 2009. P. 158—178.
14. Monfared A.L., Salati A.P. Histomorphometric and biochemical studies on the liver of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after exposure to sublethal concentrations of phenol. *Toxicol. Industrial Health*. 2016. Vol. 29, N 9. P. 856—861.
15. Monteiro S.M., Mancera J.M., Fernandes A.F., Sousa M. Copper induced alterations of biochemical parameters in the gill and plasma of *Oreochromis niloticus*. *Comp. Biochem. Physiol*. 2005. Vol. 141C. P. 375—383.
16. Peter M.C.S., Elizabeth K.L., Vijayamma J. et al. Thyroid hormone modifies the metabolic response of air-breathing perch (*Anabas testudineus* Bloch) to nimbecidine exposure. *J. Endocrinol. Reprod*. 2009. Vol. 1. P. 27—36.

17. Peter M.C.S., Joskua E.K., Vendelaar-Bonga S.E. et al. Metabolic and thyroidal response in air-breathing perch (*Anabas testudineus*) to water-borne kerosene. *Gen. Comp. Endocrinol.* 2007. Vol. 152. P. 198—205.
18. Peter M.C.S., Leji J., Rejitha V., Ignatius J. Physiological responses of African catfish (*Clarias gariepinus*) to water-borne ferric iron: Effects on thyroidal, metabolic and hydromineral regulations. *J. Endocrinol. Reprod.* 2008. Vol. 12. P. 24—30.
19. Peter M.C.S., Oommen O.V. Stimulation of oxidative metabolism by thyroid hormones in propranolol-alloxan-treated bony fish, *Anabas testudineus* Bloch. *J. Exp. Zool.* 1993. Vol. 266, N 2. P. 85—91.
20. Romanenko V.D., Potrokhov A.S., Zin'kovskiy O.G. Physiological-biochemical peculiarities of ammonia content regulation in carp. *Hydrobiol. J.* 2010. Vol. 46, N 1. P. 56—63.
21. Subhash P.C., Joshua E.K., Vijayamma R., Valsa S.P. Thyroid hormone modifies the metabolic response of air-breathing perch (*Anabas testudineus* Bloch) to nimbecidine exposure. *J. Endocrinol. Reprod.* 2009. N 1. P. 27—36.
22. Vikash G., Veena R., Rashmi J., Abhishek M. Effect to phenolic compounds on the metabolic profile of *Labeo rohita*. *Intern. J. Pharma & Bio Sci.* Spl Ed. (Int-BIONA-NO-2016). P. 101—115.

Надійшла 06.12.2022

O. Potrokhov, Dr. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Head of Department,  
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,  
Volodymyra Ivasyuka prosp., 12, Kyiv, 04210, Ukraine,  
e-mail: apotrokhov@gmail.com  
ORCID 0000-0002-8274-6898

O. Zinkovskiy, PhD (Biol.), Senior Researcher, Leading Researcher,  
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,  
Volodymyra Ivasyuka prosp., 12, Kyiv, 04210, Ukraine,  
e-mail: olzinkovskiy@gmail.com,  
ORCID 0000-0003-4135-5839

Yu. Khudiiash, PhD (Biol.), Senior Researcher  
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,  
Volodymyra Ivasyuka prosp., 12, Kyiv, 04210, Ukraine,  
e-mail: yurahud@ukr.net,  
ORCID 0000-0002-8588-0371

O. Vodianitskyi, PhD (Biol.), Researcher,  
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,  
Volodymyra Ivasyuka prosp., 12, Kyiv, 04210, Ukraine,  
e-mail: fishfarmeralex@ukr.net

K. Kofonov, PhD (Biol.), Junior Researcher,  
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,  
Volodymyra Ivasyuka prosp., 12, Kyiv, 04210, Ukraine,  
e-mail: kirillkofonov16@gmail.com,  
ORCID 0000-0002-7859-5193

#### READAPTATION OF SILVER CARP TO STANDARD CONDITIONS AFTER LONG-TERM TOXIC AMMONIUM NITROGEN LOAD OVER SEVERAL GENERATIONS

The readaptation of the crucian carp after several generations of successful adaptation in a reservoir polluted with inorganic nitrogen compounds and its return to favorable environmental conditions was investigated. After a 3-month adaptation to standard conditions, all investigated physiological indicators (organ indices and Fulton fatness) reached control values. At the biochemical level, the crucian carp could not return to the original physiological state, and the studied parameters did not reach the control values. According

to the indicators of the content of hormones (cortisol, T3 and T4) and glucose in the blood plasma, it can be stated that the experimental fish have an energy-saving metabolism. In experimental fish, a slightly different way of ensuring the excretion of excess ammonium nitrogen from the body in the aquatic environment is observed, the content of protein, as the basis of ammonia transport, in the blood plasma was reduced compared to the control. During the entire readaptation, the test fish have an increased hemoglobin content in their blood. Thus, complete readaptation of the fish did not take place within three months, the biochemical state of the fish was the most revealing.

**Key words:** *silver crucian carp, ammonium nitrogen, physiological state, biochemical indicators, hormones, readaptation.*