

ЕКОЛОГІЧНА ФІЗІОЛОГІЯ І БІОХІМІЯ ВОДНИХ ТВАРИН

УДК 574.24:591.1[57.02+57.04](597)

В.Д. РОМАНЕНКО, д. б. н., проф., академік НАН України, голов. н. с.,
Інститут гідробіології НАН України,
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна,
e-mail: ecos_inhydro@ukr.net
ORCID 0000-0001-7440-3337

Ю.Г. КРОТ, к. б. н., ст. наук. співроб., в.о. зав. відділу,
Інститут гідробіології НАН України,
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна
e-mail: yuriikrot@ukr.net
ORCID 0000-0001-8732-1322

Ю.М. КРАСЮК, к. б. н., наук. співроб.,
Інститут гідробіології НАН України,
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна
e-mail: j-krasyuk@ukr.net,
ORCID 0000-0002-8148-3168

Д.В. МЕДОВНИК, к. б. н., мол. наук. співроб.,
Інститут гідробіології НАН України,
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна
e-mail: medovnyk@nas.gov.ua,

Д.О. КУДРЯВЦЕВА, пров. інж.,
Інститут гідробіології НАН України,
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна
e-mail: kudriavtseva@nas.gov.ua
ORCID 0000-0003-3367-2973

ОСОБЛИВОСТІ ФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ КЛАРІЄВОГО СОМА АФРИКАНСЬКОГО (*CLARIAS GARIEPINUS* (BURCHELL), 1822) ТА ЯКІСТЬ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ЗА УМОВ ХАРЧОВОЇ ДЕПРИВАЦІЇ

Досліджено фізіологічний стан кларієвого сома африканського (*Clarias gariepinus*) в умовах харчової депривації та вплив продуктів його метаболізму на формування якості водного середовища у штучних оборотних системах. Результати експериментальних досліджень показали, що утримання риб в умовах голодування та погіршення якості водного середовища призводить до зниження показників вгодованості, в першу чергу маси печінки та порожнинного жиру, сприяє інтенсифікації використання енергетичних резервів організму — глікогену, загального білку та ліпідів. Надходження до водного середовища метаболітів риб спричиняє погіршення його якості — насамперед це зростання концентрації неорганічного азоту та фосфору

Ц и т у в а н н я: Романенко В.Д., Крот Ю.Г., Красюк Ю.М., Медовник Д.В., Кудрявцева Д.О. Особливості фізіологічного стану кларієвого сома африканського (*Clarias gariepinus* (Burchell), 1822) та якість водного середовища за умов харчової депривації. *Гідробіол. журн.* 2022. Т. 58. № 6. С. 91—103.

фосфатів, що погіршує умови для існування *Clarias gariepinus*. Перетворення амонію та нітритів у менш небезпечні для життєдіяльності риб нітрати відбувається при достатньому рівні насичення водного середовища киснем.

Ключові слова: кларієвий сом африканський, харчова депривація, енергетичні субстрати, продукти метаболізму, якість водного середовища, штучні оборотні системи.

Промислове вирощування кларієвого сома африканського (*Clarias gariepinus* (Burchell), 1822) у штучних оборотних системах унеможливує включення до його раціону додаткових джерел живлення (природної кормової бази), що зумовлює цілковиту залежність риб від кількості, якості та періодичності внесення штучних кормів.

Серед дослідників та практиків дотепер немає єдиної думки стосовно годівлі вказаного виду риб на різних етапах онтогенезу [24, 25, 35]. Неповне споживання корму сомами значною мірою погіршує якість водного середовища в системах вирощування, що зумовлює необхідність запобігання його надлишкового внесення. Проте, при вирощуванні в штучних умовах цілком ймовірним видається виникнення ситуацій, за яких риба не має можливості повною мірою забезпечити організм необхідною кількістю поживних речовин. Нестача кормів не дозволяє сомам реалізувати свій біологічний потенціал, що може позначитись на отриманій товарній масі. Необхідно враховувати і те, що підтримка енергетичного балансу риб за рахунок катаболізму білків посилює продукування та екскрецію організмом у середовище ендогенного аміаку, який, в свою чергу, погіршує його якість [34, 36]. Якість водного середовища відображається на фізіологічному стані риб, зокрема на інтенсивності енергетичного обміну.

Основні метаболічні шляхи та механізми регуляції енергетичних процесів в організмі *Cl. gariepinus* спрямовані на пристосування до змін умов оточуючого середовища, а «метаболічними ресурсами» їхнього організму виступають білки, ліпіди та вуглеводи. Рівень вмісту енергетичних субстратів у різних тканинах може бути інформативним показником фізіологічного стану риб, зокрема при голодуванні.

Відповідно, при вирощуванні *Cl. gariepinus* в умовах обмеженого об'єму штучних оборотних систем формується низка взаємозв'язків «корми ↔ середовище ↔ організм», де кожен з чинників впливає на функціональний стан системи в цілому.

Хоча у фаховій літературі вказується на важливість повного і своєчасного забезпечення харчових потреб *Cl. gariepinus* для підтримки високої продуктивності при його інтенсивному вирощуванні [2, 5], висвітлення питань впливу на фізіологічний стан харчової депривації та змін якості водного середовища при штучному вирощуванні риб має важливе як теоретичне, так і практичне значення.

Зокрема, знання про інтенсивність і порядок вичерпання енергетичних резервів кларієвим сомом при харчовій депривації, надходження в се-

редовище метаболітів, продукту катаболізму білків, може покращити та оптимізувати процес вирощування риб у штучних оборотних системах.

Метою роботи було з'ясувати фізіологічний стан кларієвого сома африканського в умовах харчової депривації та вплив продуктів його метаболізму на формування якості водного середовища в штучних оборотних системах.

Матеріал і методика досліджень

В експериментах було використано 20 самців *Clarias gariepinus* віком 3+ та масою 844 (725—920) г, вирощених в оптимальних умовах [2, 5]. Перед початком експериментів було встановлено: іхтіологічну довжину та масу тіла, абсолютну та відносну масу печінки і гонад, вгодованість риб за коефіцієнтом Фультона і Кларк [1], жирність за шкалою М.Л. Прозоровської [15], ступінь візуального наповнення кишково-шлункового тракту за шкалою М.В. Лебедева [7] та за їхньою масою у вихідній групі сомів ($n = 5$). Крім того, визначали вміст у м'язах та печінці загальних ліпідів за кольоровою реакцією із сульфованіліновим реагентом [29], глікогену фотокolorиметричним антроновим методом та загального білка за методом Лоурі [17].

Інші 15 особин (по 5 особин) утримувались в умовах харчової депривації протягом трьох, п'яти та восьми діб, після чого також були виміряні відповідні морфо-фізіологічні та біохімічні показники.

Дослідження проводили в штучних оборотних системах (об'єм 50 дм³) за оптимальних умов вирощування *Cl. gariepinus* [23].

Як вихідне середовище використовували водопровідну воду з блоку первинної водопідготовки після її дехлорування та оптимізації кисневого і температурного режиму.

Показники якості вихідної води, а також їхні оптимальні і критичні величини для вирощування *Cl. gariepinus* наведено в таблиці 1.

Як у контрольних (риби відсутні), так і в дослідних системах відбір проб води проводили щодоби для визначення гідрохімічних показників: рівень рН, концентрація O₂, NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻ при цьому заміну і поповнення води в експериментальних системах не робили [11, 12].

Статистичну обробку отриманих даних здійснено із застосуванням програм Microsoft Excel та Statistica 6.0.

Дослідження проводились відповідно до керівних принципів ЄС для експериментів на тваринах, з використання анестезуючих препаратів (гвоздичної олії) [18], і були схвалені відповідальним комітетом по етиці (Посилання 7221.3-1-005/14).

Результати досліджень та їх обговорення

Результати експериментів показали, що утримання *Cl. gariepinus* в штучних оборотних системах за умов харчової депривації, в першу чергу, впливає на масо-розмірні характеристики риб (табл. 2).

За відсутності живлення на тлі погіршення якості водного середовища відмічено зниження маси печінки та вмісту порожнинного жиру у *Cl.*

gariiepinus. Деяке зниження коефіцієнта вгодованості за Фультоном та сталий коефіцієнт за Кларк підтверджують, що зменшення маси тіла риб відбувається суто за рахунок вмісту черевної порожнини, зокрема порожнинного жиру та печінки. При цьому вже на третю добу досліду кишково-шлунковий тракт риб не містив харчових грудок.

За умов голодування в тканинах *Cl. gariiepinus* також були виявлені відмінності у вмісті енергетичних субстратів. Так, на третю і п'яту добу експерименту було відмічено зниження вмісту глікогену у м'язовій тканині відповідно на 61 і 80 %, а у печінці — на 30 і 65 % порівняно до контролю (рис. 1). Це, вірогідно, зумовлено використанням «швидкого» енергетичного субстрату для підтримки організму риб у належному фізіологічному стані.

Наприкінці експерименту (восьма доба) спостерігали певне зростання вмісту глікогену у досліджуваних тканинах риб порівняно з п'ятою добою, а саме: у м'язах — на 22 %, а у печінці — на 27 %. Такі зміни в організмі можуть відбуватися при переході риб на процеси глюконеогенезу, а саме — для забезпечення потреби в енергії, в першу чергу при голодуванні, організм здійснює синтез глюкози та глікогену за рахунок амінокислот, жирних кислот та ін. [28].

За даними дослідників [26, 27], при голодуванні риб джерелом амінокислот для глюконеогенезу слугують білки м'язів, печінки, сполучної тканини та ін.

Спостерігалось достовірне зниження вмісту загального білку у м'язах та печінці *Cl. gariiepinus* відповідно на 30 і 15 % (п'ята доба) та 45 і 38 % (восьма доба) (рис. 2), що підтверджує проходження в організмі риб глюконеогенезу.

За вмістом ліпідів, які є енергетичним резервом організму, при голодуванні *Cl. gariiepinus* виявлено певні особливості (рис. 3).

Таблиця 1

Вихідні параметри якості води

Показники	Вихідні параметри	Оптимальні / критичні величини для <i>Clarias gariiepinus</i>	Джерела інформації
Температура, °C	26±1,0	25—30 / 14—15	[2, 17]
Величина рН, од. рН	8,28±0,04	6,0 — 8,0 / <6,0; >8,0	[2]
Кисень розчинений, мг/дм ³	6,95±0,23	5,0—5,5 / 1—2	[5]
БСК ₅ , мг О ₂ /дм ³	0,6±0,06	5—20 / >20	[20]
NH ₄ ⁺ , мг N/дм ³	0,035±0,003	<10 / 10 мг/дм ³	[2]
NO ₂ ⁻ , мг N/дм ³	0,001±0,000	<1 / 1 мг/дм ³	[2]
NO ₃ ⁻ , мг N/дм ³	0,021±0,004	<100 / 100 мг/дм ³	[2]
P-PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	0,03 ±0,01	0,5 / >0,5	[17]

Встановлено, що вміст загальних ліпідів у м'язах кларієвого сома на третю і п'яту добу харчової депривації не змінювався. Вірогідно, м'язова тканина не відіграє роль головного енергетичного резерву при голодуванні риб.

Це підтверджується тим, що за гістологічною будовою мускулатура сома *Cl. gariepinus* на 95 % представлена глибоким бічним м'язом (*musculus lateralis profundus*). Структура цього м'яза складається з типових білих (гліколітичних) м'язових волокон з низьким вмістом ліпідів (1,0 %) [14]. Кількість загальних ліпідів у м'язах *Cl. gariepinus* знаходиться на рівні 1,26 %, що свідчить про його належність до групи риб з низьким вмістом жиру в них (менше 5 %) [31, 32]. Проте, за даними Л.А. Шадиєвої зі співавторами [22], у м'язах *Clarias gariepinus* у нерестовий період вміст ліпідів підвищується і становить 2—6 %, що характерно для риб із середньою жирністю.

Результати експериментів показали, що наприкінці харчової депривації (восьма доба) вміст загальних ліпідів у м'язах кларієвого сома до-

Таблиця 2

Морфо-фізіологічні характеристики *Clarias gariepinus* за умов харчової депривації та впливу продуктів метаболізму протягом 3, 5 та 8 діб

Показники	Контроль	Дослід		
		3 доби	5 діб	8 діб
Іхтіологічна довжина (<i>l</i>), см	43,6±0,4	43,4±0,5	43,0±0,5	43,7±0,5
Маса тіла (<i>m</i>), г	844,3±30,7	818,6±21,7	770,8±26,7	787,2±25,3
Маса тіла без нутрощів (<i>m</i> ₂), г	698,3±45,7	701,7±49,1	700,0±51,6	723,5±53,2
Коефіцієнт Фультона	1,01±0,02	1,00±0,01	0,97±0,01	0,95±0,01
Коефіцієнт Кларк	0,87±0,01	0,86±0,01	0,88±0,01	0,87±0,01
Маса печінки, г	18,32±1,13	14,41±1,09	12,07±0,98*	10,36±1,02*
Гепатосоматичний індекс	2,36±0,17	1,76±0,07*	1,57±0,07*	1,32±0,08*
Маса гонад, г	10,23±2,69	9,39±2,56	8,85±2,32	8,98±2,44
Гонадосоматичний індекс	1,33±0,39	1,15±0,30	1,15±0,26	1,14±0,32
Наповнення шлунку, г	3,80±0,60	0±0,00*	0±0,00*	0±0,00*
Наповнення шлунку, % від маси тіла	0,48±0,07	0±0,00*	0±0,00*	0±0,00*
Наповнення кишечника, г	6,35±1,21	0±0,00*	0±0,00*	0±0,00*
Наповнення кишечника, % від маси тіла	0,82±0,18	0±0,00*	0±0,00*	0±0,00*
Наповнення кишечника, бали	2,67±0,33	0±0,00*	0±0,00*	0±0,00*
Жирність, бали	2,33±0,33	1,80±0,20	1,40±0,20	1,20±0,20*

П р и м і т к а: $M \pm m$ ($n = 5$); * достовірні відмінності ($p < 0,01$).

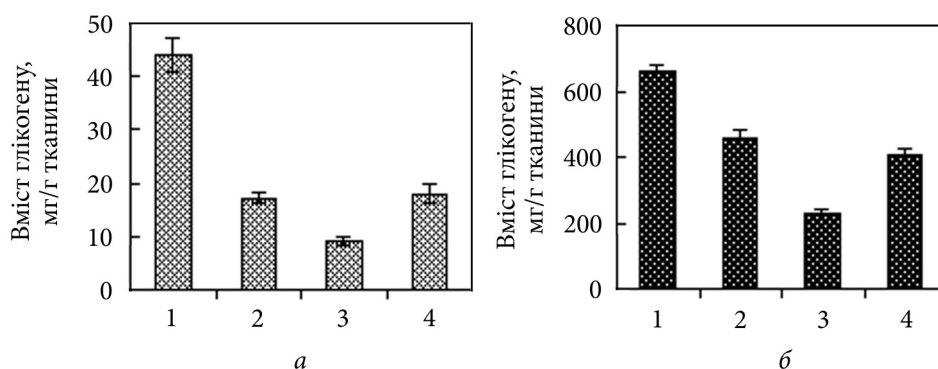


Рис. 1. Вміст глікогену у м'язах (а) і печінці (б) сома *Clarias gariepinus* за різної тривалості голодування. Тут і на рис. 2, 3: 1 — контроль; 2 — тривалість голодування три доби; 3 — тривалість голодування п'ять діб; 4 — тривалість голодування вісім діб

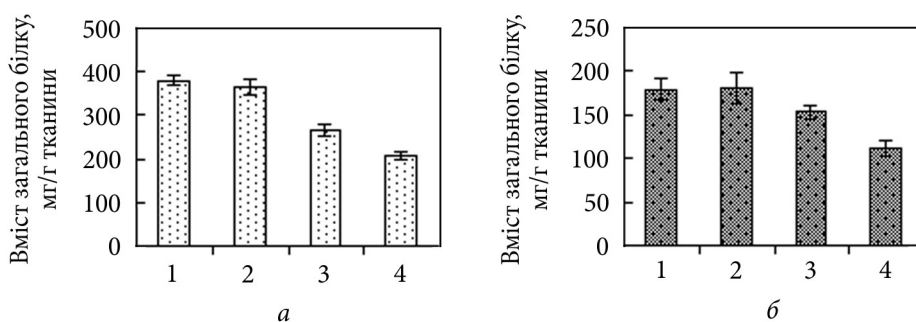


Рис. 2. Вміст загального білку у м'язах (а) і печінці (б) сома *Clarias gariepinus* за різної тривалості голодування

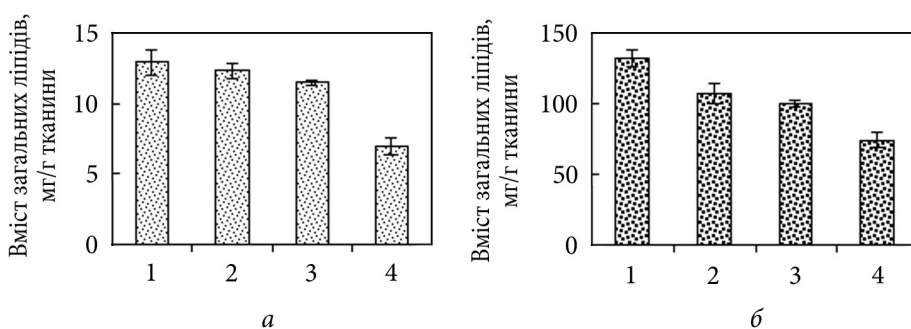


Рис. 3. Вміст загальних ліпідів у м'язах (а) і печінці (б) сома *Clarias gariepinus* за різної тривалості голодування

стовірно зменшився на 39 % порівняно до контролю. Це свідчить про істотне виснаження риб за таких умов існування та деяку участь ліпідних субстратів у глюконеогенезі.

Вміст загальних ліпідів у печінці сома достовірно знижувався протягом всього експерименту. Так, при голодуванні сома на третю, п'яту і восьму добу вміст ліпідів зменшився відповідно на 19, 24 і 44 % порівняно до контролю.

Можна припустити, що ліпіди м'язів кларієвого сома відносяться до структурних жирів та є частиною клітинних мембран. Поряд з вісцеральним жиром загальні ліпіди печінки риб виконують функцію основних енергоємних субстратів [14]. Підтвердженням цього є значне їхнє використання як джерела енергії в процесі харчової депривації риб.

Проте подібні зміни фізіолого-біохімічних показників риб можуть бути, певною мірою, обумовлені прямою токсичною дією на організм продуктів їхнього метаболізму [4, 9] та, відповідно, використанням енергетичних резервів організму для протидії негативному впливу середовища [16, 21].

Враховуючи, що штучні оборотні системи мають обмежений об'єм, було досліджено зміни якості водного середовища та її співставлення з екологічним потенціалом *Cl. gariepinus*.

За гідрохімічними даними у контролі встановлено коливання величини рН в межах 0,21 одиниць. При цьому відмічено незначні зміни концентрації розчиненого у воді кисню, наприкінці експерименту вона збільшувалася на 11 % відносно початкових значень (рис. 4, а).

В умовах харчової депривації *Cl. gariepinus* водне середовище не знавало забруднення залишками кормів, однак за рахунок метаболітів риб відбувалось погіршення його якості. Так, на восьму добу у воді з рибами спостерігалось зниження рівня водневого показника середовища на 13 % та поступове зменшення концентрації розчиненого кисню на 45 % порівняно з початковими значеннями (рис. 4, б). Доцільно припустити, що зниження величини рН та концентрації розчиненого у воді кисню було зумовлене процесами хімічного перетворення сполук біогенних елементів, що надійшли до середовища у складі метаболітів риб [8]. Максимальна концентрація $N-NH_4^+$ відзначена на сьому добу досліді і перевищувала фонові показники ($0,035 \pm 0,01$ мг N/дм³) у 270 разів, після чого відзначалась її зниження на 18 % наприкінці експозиції (восьма доба) (див. рис. 4). Але концентрація амонійного азоту протягом досліді не досягала величин, несприятливих для існування *Cl. gariepinus* (>10 мг/дм³) [2].

Можна припустити, що накопичення $N-NH_4^+$ в середовищі було зумовлено як метаболітами риб, так і життєдіяльністю гетеротрофних мікроорганізмів, які розкладають органічну речовину у їхньому складі. Подальше зниження концентрації амонійного азоту можна пов'язати з активацією процесу нітрифікації за рахунок сприятливого кисневого режиму.

Процес нітритутворення спостерігався за умов підвищеного вмісту у воді сполук амонійного азоту. Відмічено зростання концентрації $N-NO_2^-$, наприкінці експозиції (восьма доба) його вміст у воді перевищував критичні величини для *Cl. gariepinus* у 7 разів (див. рис. 4, б) [2, 8].

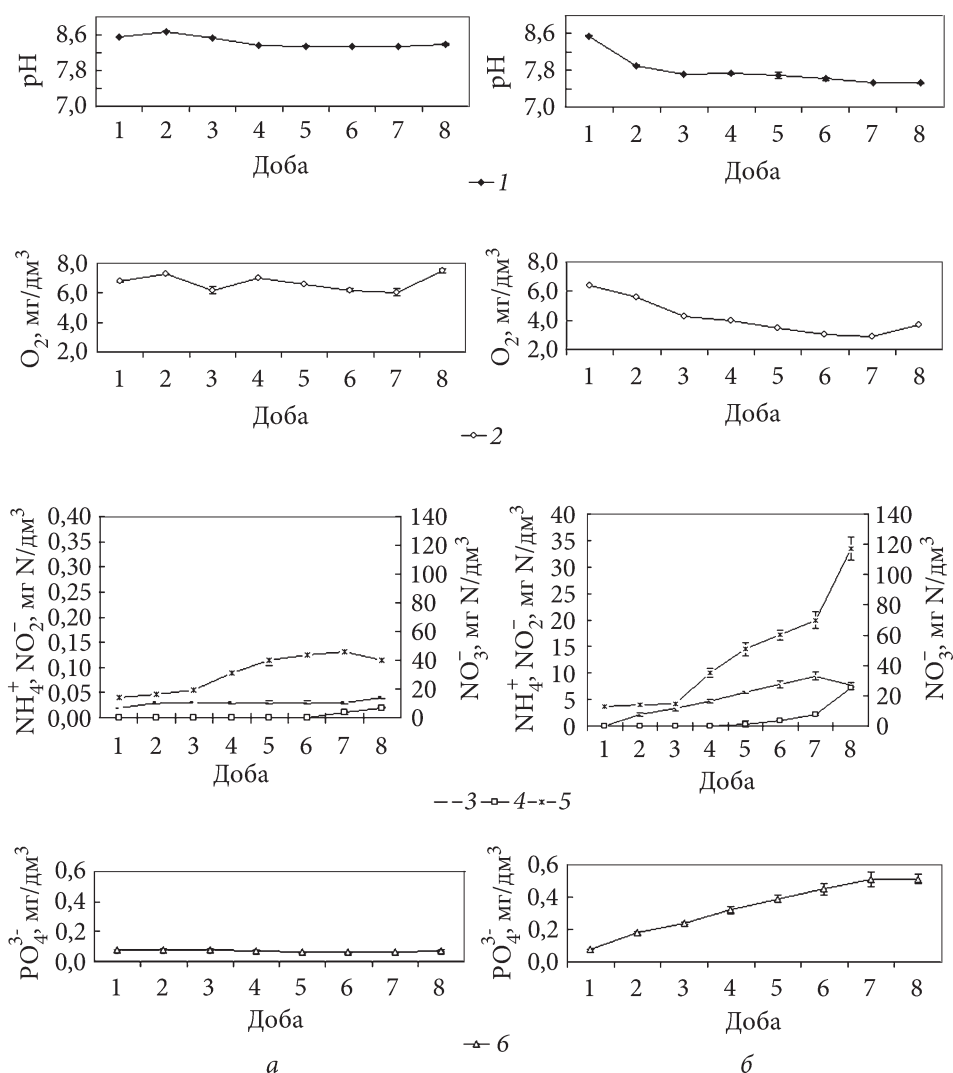


Рис. 4. Динаміка гідрохімічних параметрів під впливом метаболітів *Clarias gariepinus* в умовах харчової депривації ($M \pm m$, $n = 5$): 1 — рН; 2 — концентрація O_2 ; 3 — NH_4^+ ; 4 — NO_2^- ; 5 — NO_3^- , 6 — PO_4^{3-} ; а — контроль; б — дослід.

Слід відмітити, що серед досліджуваних особин загиніли не спостерігалось. Вірогідно, це може бути пов'язано з видовими особливостями риб ряду Сомоподібних. Так, дослідниками [30] показано, що при достатньо високій концентрації нітритів у воді у *Pangasianodon hypophthalmus* спостерігалось зниження здатності крові переносити кисень. Але за цих умов вони здатні застосовувати аеробне дихання, не використовуючи дихання атмосферним повітрям.

Протягом експерименту у водному середовищі відмічено стабільне зростання концентрації NO_3^- (див. рис. 4, б). На восьму добу їхня концентрація перевищувала несприятливі для *Cl. gariepinus* значення на 17 % [2].

Відзначене істотне зростання загальної концентрації сполук неорганічного азоту в середовищі може бути зумовлене не лише розвитком гетеротрофної мікрофлори, що мінералізувала органічну речовину в складі фекалій риб, але і виведенням продуктів катаболізму білків з організму риб, які зазнали харчової депривації [13, 21, 34].

Характер динаміки змін концентрації NO_2^- і NO_3^- , як показник функціонування в середовищі процесів трансформації сполук неорганічного азоту, безпосередньо обумовлений біологічними особливостями нітрифікуючих мікроорганізмів. Відомо [6, 19], що повне бактеріальне окиснення 1 мг N— NH_4^+ потребує 4,6 мг O_2 . Цим зумовлена чутливість всіх автотрофних нітрифікаторів, як аеробів, до ступеню аерації водного середовища. В процесі біохімічного очищення забруднених вод лімітуюча для перебігу нітрифікації концентрація розчиненого кисню коливається від 0,5 до 2,5 мг/дм³, зростаючи до 4,0 мг/дм³ в умовах змінних навантажень [33].

Доцільно припустити, що інтенсивна трансформація $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ в представлених умовах відбувалась саме за рахунок достатнього рівня розчиненого у воді O_2 .

У контролі концентрація P— PO_4^{3-} протягом всього експерименту знаходилася в межах 0,06—0,08 мг/дм³, без істотних коливань (див. рис. 4, а). Концентрація фосфат-іонів у дослідному середовищі підвищилася на сьому добу у 8,5 рази порівняно з контролем, з подальшою стабілізацією на восьму добу експерименту (див. рис. 4, б). При цьому їхня концентрація дещо перевищувала величини, вказані як допустимі в оборотних системах вирощування *Cl. gariepinus* [20].

Відомо, що риби виділяють фосфор лише з екскрементами [3]. Вірогідно, зростання концентрації фосфатів на початку експерименту зумовлено надходженням у воду залишків екскрементів з кишкового тракту *Cl. gariepinus*. В подальшому, на тлі припинення їхнього надходження внаслідок відсутності кормів можна припустити певне зменшення кількості фосфору фосфатів, що пов'язано зі споживанням їх мікрофлорою [10].

Таким чином, проведені дослідження виявили особливості проходження мікробіологічних процесів трансформації метаболітів *Cl. gariepinus* та їхню роль у формуванні якості водного середовища в штучних оборотних системах. Провідну роль в комплексі одержаних залежностей відіграють ступінь навантаження на середовище органічними речовинами (NH_4^+ , PO_4^{3-}) та інтенсивність трансформації сполук неорганічного азоту (NO_2^- , NO_3^-). Як один із найбільш важливих чинників, що формує якість водного середовища за цих умов, слід визначити концентрацію розчиненого кисню, яка зумовлює баланс між анаеробним процесом амоніфікації та аеробним — нітрифікації.

Отже, враховуючи те, що протягом більшої частини експерименту гідрохімічні показники середовища під дією метаболітів *Cl. gariepinus* не

перевищували негативних для цього виду величин, вищенаведені зміни фізіолого-біохімічного стану риб можуть бути розглянуті, в першу чергу, як наслідки їхньої примусової харчової депривації.

Висновки

Харчова депривація кларієвого сома африканського (*Clarias gariepinus*) в умовах штучних оборотних систем істотно впливає на фізіолого-біохімічний стан риб і характеризується зниженням показників вгодованості та зменшенням маси тіла за рахунок вмісту черевної порожнини.

В умовах голодування для підтримки належного рівня функціонування їхнього організму відбувається більш інтенсивне використання енергетичних резервів: глікогену, загального білку та ліпідів. На тлі відповідних змін в організмі риб змінюється спрямованість енергетичних процесів, що відіграє як адаптивну, так і компенсаторну роль.

Надходження до водного середовища метаболітів кларієвого сома, зокрема продуктів катаболізму білків, спричиняє погіршення його якості, в першу чергу, внаслідок зростання концентрації сполук неорганічного азоту та фосфору фосфатів, які надходять з екскрементами. Перетворення амонію та нітритів у менш небезпечні для життєдіяльності риб нітрати відбувається при достатньому рівні насичення водного середовища киснем.

Можна стверджувати, що відсутність живлення та погіршення гідрохімічних характеристик середовища істотно знижують біологічну продуктивність *Clarias gariepinus*, що підтверджує необхідність регулярної годівлі риб та ретельного контролю якості середовища вирощування.

Список використаної літератури

1. Алексієнко В. Р., Подобайло А. В. Методичні вказівки до вивчення іхтіології (розділ «Морфометричний аналіз риб») для студентів біологічного факультету. Київ : Вид-во Київ. ун-ту, 1998. 37 с.
2. Артеменков Д.В. Выращивание клариевого сома (*Clarias gariepinus*) в УЗВ на комбикормах с добавками пробиотика «Субтилис» : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Москва, 2013. 22 с.
3. Брайнбалле Я. Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения. Введение в новые экологические и высокопродуктивные замкнутые рыболовные системы. Копенгаген : Междунар. орг-ция «ЕВРОФИШ» при поддержке Субрегионального бюро ФАО по Центр. и Вост. Европе 2010. 70 с.
4. Веселов Е.А., Бурля В.Ф. Влияние аммонийного азота на некоторые виды пресноводных рыб. Проблемы водной токсикологии. Петрозаводск, 1978. С. 52—58.
5. Власов В.А. Результаты выращивания африканского сома при различных условиях кормления и содержания. *Известия ТСХА*. 2009. Вып. 3. С. 136—146.
6. Готтшалк Г. Метаболизм бактерий. Москва : Мир, 1982. 470 с.
7. Инструкция по сбору и обработке материала для исследования питания рыб в естественных условиях. Москва : ВНИРО, 1971. Ч. 1—2.
8. Кориневская В.Ю. Трансформация неорганических соединений азота в процессе очистки сточных вод на очистных сооружениях г. Б-Днестровского. *Вісн. Одеськ. держ. екол. ун-ту*. 2008. № 6. С. 14—20.

9. Красюк Ю.Н., Потрохов А.С., Зиньковский О.Г. Влияние аллохтонного азота на физиолого-биохимические показатели крови карповых рыб. *Гидробиол. журн.* 2011. Т. 47, № 2. С. 72—80.
10. Лемзикова И.П., Маркевич Р.М. Потребление фосфатов из среды бактериями активного ила при различных условиях аэрации. *Тр. БГТУ. Химия, технология органических веществ и биотехнология.* 2013. № 4. С. 216—218.
11. Лурье Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. Москва : Химия, 1984. 448 с.
12. Лурье Ю. Ю. Унифицированные методы анализа вод. Москва : Химия, 1973. 376 с.
13. Немова Н.Н., Лысенко Л.А., Канцерова Н.П. Деградация белков скелетных мышц в процессах роста и развития лососевых рыб. *Онтогенез* 2016. Т. 47, № 4. С. 197—208.
14. Никифоров А.И., Маилкова А.В. Морфологические и товарные качества промышленно выращиваемого клариевого сома *Clarias gariepinus*. Современное состояние водных биоресурсов : материалы науч. конф., посвященной 70-летию С.М. Коновалова. Владивосток : ТИНРО-центр, 2008. С. 763—765.
15. Поливанная М.Ф., Соломонова Н.К. Методические указания по ихтиологии (кормовые организмы и питание молоди рыб) для студентов биологического факультета. Киев : Изд-во Киев. ун-та, 1984. 34 с.
16. Попова Е.М., Коцій І.В. Ліпіди як компонент адаптації риб до екологічного стресу. *Рибогосп. наука України.* 2007. № 1. С. 49—56
17. Практикум по биохимии / Под ред. С.Е. Северина, Г.А. Соловьевой. Москва : Моск. гос. ун-т, 1989. 510 с.
18. Резніков О. Проблеми етики при проведенні експериментальних медичних і біологічних досліджень на тваринах. *Вісн. НАН України.* 2001. № 11. С. 30—33
19. Романенко В.И., Кузнецов С.И. Экология микроорганизмов пресных водоемов. Ленинград : Наука, 1974. 193 с.
20. Романова Е.М., Любомирова В.Н., Мухитова М.Э. Биологический контроль фертильности самок клариевого сома в бассейновой аквакультуре. *Вестн. Ульяновской ГСХА.* 2016. Т. 35, № 3. С. 78—84.
21. Сергеева Н.Р., Лукьяненко В.И. Общая ихтиотоксикология : монография. Краснодар : Наука, 2008. 157 с.
22. Шадыева Л.А., Романова Е.М., Романов В.В., Шленкина Т.М. Содержание жирных кислот в мышцах и икре африканского клариевого сома в нерестовый период. *Вестн. Ульяновской гос. с/х академии: науч.-теор. журнал.* 2019. Т. 48, № 4. С. 89—94. DOI 10.18286/1816-4501-2019-4-89-94.
23. Baßmann B., Brenner M., Palm H. W. Stress and welfare of African Catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) in a coupled aquaponic system. *Water.* 2017. Vol. 9. P. 504. <https://doi.org/10.3390/w9070504>.
24. Braithwaite V.A., Boulcott P. Can fish suffer? *Fish Welfare.* Blackwell Publ. Ltd., Oxford, UK. 2008. P. 78—92.
25. Chandroo K.P., Duncan I.J.H., Moccia R.D. Can fish Suffer? Perspectives on Sentience, Pain, Fear and Stress. *Anim. Appl. Behav. Sci.* 2004, Vol. 86. P. 225—250.
26. Falco F., Stincone P., Cammarata M., Brandelli A. Amino Acids as the Main Energy Source in Fish Tissues. *Aquac. Fish. Stud.* 2020. Vol. 3, N 1. P. 1—11.
27. Gillis T.E., Ballantyne J.S. The effects of starvation on plasma free amino acid and glucose concentrations in lake sturgeon, *Acipenser fulvescens*. *J. Fish. Biol.* 1996. Vol. 49. P. 1306—1316.
28. <https://delphipages.live/uk/gluconeogenesis>.
29. Knight J.A., Anderson S., Rawle J.M. Chemical Basis of the Sulfo-phospho-vanillin Reaction for Estimating Total Serum Lipids. *Clinical chemistry* 1972. Vol. 18, N 3. P. 199—202.
30. Lefevre S., Jensen F.B., Huong do T.T. et al. Effects of nitrite exposure on functional hemoglobin levels, bimodal respiration, and swimming performance in the facultative

air-breathing fish *Pangasianodon hypophthalmus*. *Aquat. Toxicol.* 2011. Vol. 104, N 1-2. P. 86—93. DOI: 10.1016/j.aquatox.2011.03.019.

31. Osibona A.O., Kusemiju K., Akande G.R. Proximate composition and fatty acids profile of the African Catfish *Clarias Gariepinus*. *J. Life and Physical Sci.* 2009. Vol. 3. N 1. P. 89—94.

32. Rosa R., Bandarra N.M., Nunes M.L. Nutritional quality of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822): a positive criterion for the future development of the European production of Siluroidei. *Intern. J. Food Sci. and Technol.* 2007. Vol. 42, N 3. P. 342—351.

33. Stenstrom M.K. Effects of oxygen transport limitation on nitrification in the activated sludge process. *Pes. J. Water Pollut. Contr. Fed.* 1991. Vol. 63, N 3. P. 244—248.

34. Wilkie M.P. Mechanisms of ammonia excretion across fish gills. *Comparative Biochem. and Physiol. Part A: Physiology.* 1997. Vol. 118, N 1. P. 39—50.

35. Yildiz Y.H., Robaina L., Pirhonen J. et al. Fish welfare in aquaponic systems: its relation to water quality with an emphasis on feed and faeces. *A Review. Water.* 2017. Vol. 9, N1. P. 13.

36. Yuen K.Ip., Shit F. Chew Ammonia production, excretion, toxicity, and defense in fish. *Frontiers in Physiology.* 2010. Vol. 1, Article 134. P. 1—20.

Надійшла 04.10.2022

V. Romanenko, Academician of the NAS of Ukraine, Prof. D. (Biol.),
Institute of Hydrobiology NAS Ukraine,
Geroyiv Stalingrada prosp., 12, 04210, Ukraine, Kyiv
e-mail: ecos_inhydro@ukr.net
ORCID 0000-0001-7440-3337

Yu. Krot, Ph. D. (Biol.),
Institute of Hydrobiology NAS Ukraine,
Geroyiv Stalingrada prosp., 12, 04210, Ukraine, Kyiv
e-mail: yuriikrot@ukr.net,
ORCID 0000-0001-8732-1322

Yu. Krasiuk, Ph. D. (Biol.),
Institute of Hydrobiology NAS Ukraine,
Geroyiv Stalingrada prosp., 12, 04210, Ukraine, Kyiv
e-mail: j-krasyuk@ukr.net,
ORCID 0000-0002-8148-3168

D. Medovnyk, Ph. D. (Biol.),
Institute of Hydrobiology NAS Ukraine,
Geroyiv Stalingrada prosp., 12, 04210, Ukraine, Kyiv
e-mail: medovnyk@nas.gov.ua

D. Kudriavtseva, Senior Eng.
Institute of Hydrobiology NAS Ukraine,
Geroyiv Stalingrada prosp., 12, 04210, Ukraine, Kyiv
e-mail: kudriavtseva@nas.gov.ua,
ORCID 0000-0003-3367-2973

FEATURES OF THE PHYSIOLOGICAL STATE OF THE AFRICAN CLARIAS CATFISH (*CLARIAS GARIEPINUS* (BURCHELL), 1822) AND THE QUALITY OF THE WATER ENVIRONMENT UNDER CONDITIONS OF FOOD DEPRIVATION

The physiological state of *Clarias gariepinus* in conditions of food deprivation and the influence of the products of its metabolism on the formation of the quality of the water environment in artificial circulating systems were studied. It was found that keeping fish in conditions of starvation and deterioration of the quality of the aquatic environment leads to a decrease in its fatness indicators (liver weight, cavity fat) and the use of the body's energy reserves (glycogen, total protein, lipids). The aquatic environment is polluted by fish metabolites. Concentrations of inorganic nitrogen and phosphorus phosphates increase in

the water and worsen the conditions of existence of *C. gariepinus*. Ammonium nitrogen and nitrites are transformed into nitrates, which are less dangerous for the vital activity of fish, at a sufficient level of saturation of the aquatic environment with oxygen.

Key words: *African clary catfish, food deprivation, energy substrates, metabolic products, water environment quality, artificial circulation systems.*