

УДК 639.3:597.423

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ПІДРОЩУВАННЯ МОЛОДІ РІЗНИХ ВИДІВ РИБ НА ТКАНИННИЙ ВМІСТ ФОСФОРОРГАНІЧНИХ МАКРОЕРГІЧНИХ СПОЛУК

Соломатіна В.Д. – д. б. н., професор

Пінкіна Т.В. – к. б. н., доцент

Світельський М.М. – к. с.-г. н., доцент

Житомирський національний агроекологічний університет

kbapn@ukr.net

На прикладі різних видів риб (білого товстолоба, білого амура й каналного сома) досліджено вплив температури підрощування молоді риб на вміст фосфорних сполук і кальцію в їх організмі. В усіх досліджених видів риб вміст кальцію зі зростанням температури води від 24 до 36°C збільшувався. Виняток становили лише мальки каналного сома, яких вирощували за температури води 28°C. У їх тілі загальний вміст кальцію був знижений порівняно з рибами, що аклімуються за температури 24°C. Відмічений факт свідчить про інтенсифікацію метаболічних процесів в організмі мальків риб за підвищення температури середовища.

Ключові слова: білий товстолоб, білий амур, каналний сом, потенціал фосфорилування, фосфорорганічні сполуки, фосфорні фракції.

Постановка проблеми. Нормальне функціонування живого організму пов'язане з енергетичними витратами. Енергія, отримана організмом у результаті окислення органічних речовин, витрачається і на транспорт іонів, який є одним із найбільш значних споживачів енергії гідробіонтів, оскільки між організмом і водним середовищем здійснюється постійний водний обмін. Головне місце в процесах обміну речовин і енергії займає аденозинтрифосфорна кислота (АТФ). АТФ – це основний носій хімічної енергії в клітині. Вона слугує для переносу високоенергетичних фосфатних груп та є зв'язуючою ланкою між процесами, які супроводжуються виділенням енергії, і процесами, що відбуваються з поглинанням енергії.

Наразі відсутня загальна інформація про вміст макроергічних сполук у риб. Вважають [12], що м'язи риб за вмістом АТФ не відрізняються від м'язів теплокровних тварин. Дослідження деяких авторів показали [1], що загальний пул аденозинових нуклеотидів у мітохондріях печінки міног сягає 4,4–5,9 ммоль/мг протеїну, що у 2–3 рази менше, ніж у теплокровних тварин. Установлені певні відмінності у співвідношенні різних аденилатів між водними та теплокровними тваринами. Так, частина АМФ у загальному пулі аденилових нуклеотидів міног становить 50–70% і майже в 10 разів перевищує рівень АТФ [1], а в мітохондріях печінки пацюків АТФ – 80% [13].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нині питання стосовно фізіології фосфорно-кальцієвого обміну пов'язані з теплокровними тваринами [7] або ж характеризують лише окремі його риси в гідробіонтів [9]. Тому з'ясування характеру змін фосфорно-кальцієвого обміну в риб залежно від фізіко-хімічних чинників водного середовища є досить актуальним.

У літературі є достатня кількість публікацій про вплив різних температурних умов утримання на ріст і виживання личинок і мальків окремих видів риб [4]. Менш вивченими залишаються питання, що стосуються метаболічних процесів в організмі молоді різних видів риб за їх теплової аклімації.

Постановка завдання. Нами було поставлене завдання вивчити особливості обміну фосфорорганічних макроергічних сполук в організмі молоді канального сома, білого амура й білого товстолоба за їх підрощування в різних температурних умовах середовища існування.

Матеріал та методи. Вивчаючи фосфорно-кальцієвий обмін у риб, використовували спеціальні методичні підходи, які дозволяють вивчати тканинні, клітинні й органні механізми регуляції обміну речовин з урахуванням особливостей проживання організмів у водному середовищі. При цьому необхідно було враховувати можливість надходження кальцію і фосфору в організм риб як через травну систему, так і безпосередньо з води, а також вплив на процеси абсорбції цих елементів температурного чинника, який істотно змінює інтенсивність протікання метаболічних процесів пойкилотермних тварин, до яких належать риби.

Об'єктом досліджень були однорічки й дворічки канального сома, білого товстолоба й білого амура. Рибу, відловлену в рибних господарствах Київської області в осінній період, до початку досліду тримали в стаціонарних ємностях об'ємом 4 м³. Вивчали вплив температури підрощування на показники фосфорно-кальцієвого обміну в тілі молоді канального сома, білого товстолоба й білого амура. Досліди проведені в акваріумах ємністю 40 л, оснащених терморегуляторами й компресорами, у які поміщали по 30 екземплярів молоді риб завдовжки $48 \pm 1,2$ мм і масою $577 \pm 38,2$ мг. Тривалість дослідів – 15 діб. Годування молоді проводили 3–4 рази на добу до повного з'їдання корму. У якості корму використовували зоопланктон.

Результати досліджень. Дослідженнями встановлено, що під впливом підвищення температури води в молоді риб змінюється не лише вміст окремих компонентів аденілової системи (АТФ, АДФ, АМФ), але й їх сума. При цьому вміст аденілових нуклеотидів у молоді різних видів риб у відповідь на підвищення температури води від 24 (узята за початкову) до 36°C змінюється неоднозначно. У тілі молоді білого товстолоба кількість АТФ із ростом температури води збільшується (табл. 1), а її найбільш високий вміст відмічений за температур 28 і 32°C. У молоді білого амура й канального сома вміст АТФ, навпаки, знижувався. При цьому найбільше зниження рівня АТФ у білого

амура відмічене лише за високих температур води (32 і 36°C), тоді як за температури, вищої за початкову на 4°C (28°C), кількість АТФ зростала. У мальків канального сома вміст АТФ із підвищенням температури води падає.

**Таблиця 1. Вміст аденілових нуклеотидів
(мкМ аденіну/г сирової тканини, $M \pm m$) в організмі молоді риб,
що підроснує в різнотемпературних умовах**

Вид риб	Показники	Температура, °C			
		24	28	32	36
Білий товстолоб	АТФ	0,59±0,03	1,09±0,06*	1,08±0,02*	0,69±0,02*
	АДФ	0,24±0,01	0,43±0,03*	0,39±0,03*	0,33±0,04
	АМФ	0,92±0,09	0,88±0,04	0,61±0,02*	0,82±0,06
	Сума	1,76±0,09	2,41±0,08*	2,08±0,07*	1,84±0,11
	Енергетичний заряд	0,40±0,023	0,54±0,012*	0,61±0,007*	0,48±0,01*
	Потенціал фосфорилування	3,14±0,21	6,05±0,45*	5,52±0,20*	3,78±0,16
Білий амура	АТФ	0,95±0,13	1,40±0,02*	0,49±0,02*	0,82±0,07
	АДФ	0,59±0,06	0,55±0,03	0,39±0,03*	0,33±0,04*
	АМФ	1,15±0,09	1,26±0,09	0,83±0,07*	0,75±0,03*
	Сума	2,93±0,11	3,20±0,15	1,57±0,03*	1,90±0,05*
	Енергетичний заряд	0,50±0,003	0,52±0,01	0,40±0,007*	0,52±0,025*
	Потенціал фосфорилування	3,10±0,15	7,28±0,70*	3,00±0,10	6,67±0,28*
Канальний сом	АТФ	1,02±0,06	0,61±0,04*	0,67±0,03*	0,45±0,02*
	АДФ	0,35±0,03	0,19±0,03*	0,15±0*	0,17±0,02*
	АМФ	0,45±0,02	0,29±0,03*	0,23±0,01*	0,19±0,02*
	Сума	1,82±0,03	1,07±0,08*	1,05±0,03*	0,82±0,03*
	Енергетичний заряд	0,66±0,01	0,66±0,02	0,71±0,01*	0,66±0,03
	Потенціал фосфорилування	11,17±0,75	14,42±0,60*	15,95±1,05*	9,78±0,84

* – результат достовірний

Особливо істотне зниження рівня АТФ у тілі мальків канального сома відбувається за вирощування їх у воді з температурою 36°C (на 55,9% нижче порівняно з даними для риб, що аклімуються за температури 24°C). У всіх досліджених видів риб зміни, характерні для АТФ, зберігаються й для АДФ, а вміст АМФ із підвищенням температури води зменшується.

Щодо суми аденілових нуклеотидів, то найвищою в білого товстолоба вона була за температури води 28 і 32°C (2,40 і 2,08 мкМ аденіну/1 г сирової тканини відповідно), у білого амура – за температури 24 і 28°C (2,69 і 3,21), а в канального сома – 24°C (1,82 мкМ аденіну/1 г сирової тканини). Одночасно із цим найменший вміст суми аденілових нуклеотидів, так само, як і АТФ (основної макроергічної фосфорної сполуки), у білого товстолоба відмічений за вирощування його у воді з температурою 24 і 36°C, білого амура – 32 і 36°C, канального сома – 36°C.

Визначення енергетичного заряду аденілатної системи ($E3 = \frac{АТФ+1/2 АДФ}{АТФ+АДФ+АМФ}$), за яким можна судити про здатність системи до вирощування

блення енергії, показує, що в білого товстолоба найбільш низьким він був за температури води 24°C (0,40), у білого амура – за температури 32°C (0,36), а найбільш високим – у білого товстолоба (за температур 28 і 32°C (0,54 і 0,61)) і білого амура (за температур 28 і 36°C (0,50 і 0,51 відповідно)) (табл. 1). Слід відмітити, що в канального сома, який підростає за температури водного середовища від 24 до 36°C, ЕЗ підтримувався на відносно високому рівні порівняно з іншими видами риб і дорівнював 0,66–0,71.

Така ж динаміка змін характерна й для потенціалу фосфорилування. Виняток становлять лише дані, що характеризують потенціал фосфорилування в канального сома: із підвищенням температури води цей показник зростав із 11,17 до 15,95, однак за температури води 36°C він був значно знижений і дорівнював 9,78.

Відомо [1], що зниження енергетичного заряду аденілової системи за дії різних чинників на клітину призводить до прискорення реакції вироблення енергії. Виходячи із цього, можна було очікувати збільшення вмісту АТФ у тілі молоді досліджуваних риб за певних температур води. Однак збільшення вмісту АТФ або суми аденілових нуклеотидів при цьому не відбувалося. Навпаки, за температур, коли був відмічений найнижчий рівень енергетичного заряду й потенціалу фосфорилування, вміст АТФ у тілі молоді риб знаходився на низькому рівні. Очевидно, спостережуване нами зниження кількості макроергічних фосфорних сполук може відбуватися в результаті посилення біосинтетичних процесів в організмі молоді риб за вказаних для кожного виду температур.

Про посилення біосинтетичних процесів у мальків риб за оптимальних температур свідчать дані, що характеризують зміни інших фосфорних фракцій, зокрема ліпідного й білкового фосфору, що відображають зміни в ліпідному й білковому обміні (рис. 1). Так, уміст білкового фосфору був найвищим у білого товстолоба, який вирощували за температур 24 і 32°C, білого амура – за 28 і 36°C, канального сома – за 36°C. Стосовно рівня ліпідного фосфору, то він був найбільш високим за вирощування білого товстолоба у воді з температурою 32°C, білого амура – 28°C, канального сома – 36°C.

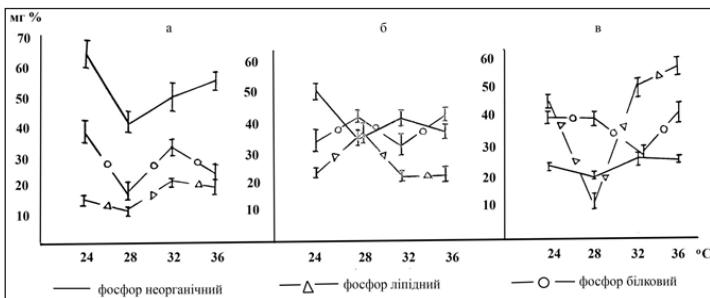


Рис. 1. Вплив температури підрощування молоді різних видів риб на вміст фосфорних сполук (мг/% сирової тканини) в їх організмі. Види риб: а – білий товстолоб; б – білий амур; в – канальний сом

Одним із показників інтенсивності використання макроергічних фосфорних сполук є тканинний уміст неорганічного фосфору. Установлено (рис. 2), що рівень неорганічного фосфору в тілі молоді білого товстолоба й білого амура зі зростанням температури середовища підрощування знижується. У молоді каналічного сома в діапазоні температур водного середовища від 24 до 36°C вміст неорганічного фосфору мало змінювався й становив 22,6–28,0 мг/%.

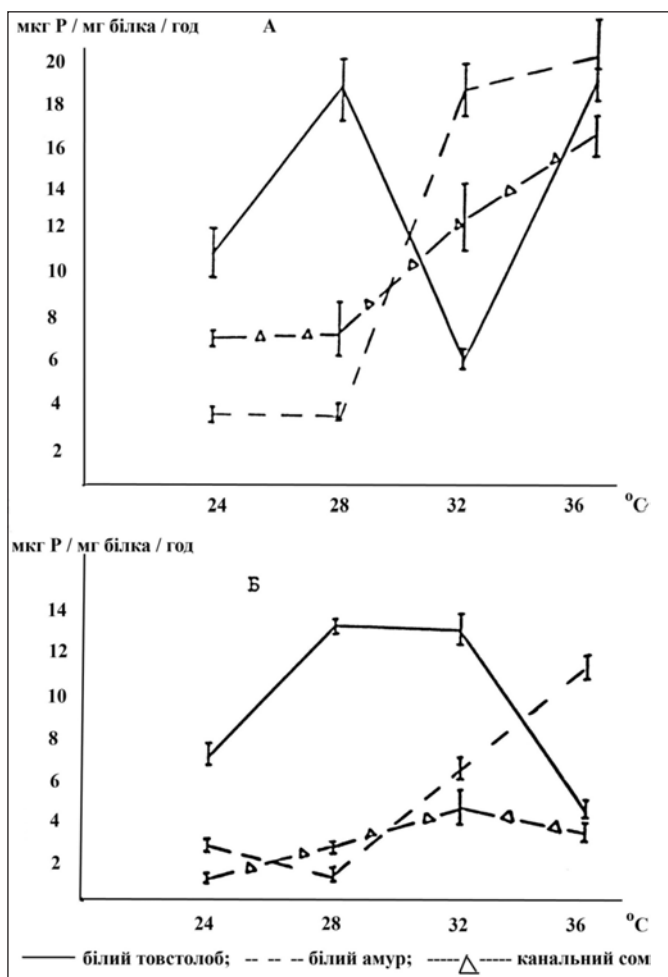


Рис. 2. Вплив температури підрощування молоді різних видів риб на активність $\text{Na}^+\text{K}^+\text{Mg}^{2+}$ -АТФ-ази (А) і лужної фосфатази (Б)

Зміни тканинної кількості фосфорорганічних сполук знаходяться в певній залежності від зміни активності Na^+ , K^+ , Mg^{2+} -АТФ-ази й лужної фосфатази. Установлено, що активність указаних ферментів у всіх досліджених видів риб зі зростанням температури переважно зростала (рис. 2),

і лише в окремих випадках спостерігалось зменшення фосфатазної активності. Так, активність аденозинтрифосфатази була знижена в мальків білого товстолоба, якого вирощували за температури 32°C, порівняно з даними за температури 24°C. Активність лужної фосфатази зменшується за підрощування молоді товстолоба за температури 36°C, а білого амура – 28°C.

Проведеними дослідженнями встановлена також чітка температурозалежна динаміка змін вмісту кальцію молоді риб (рис. 3).

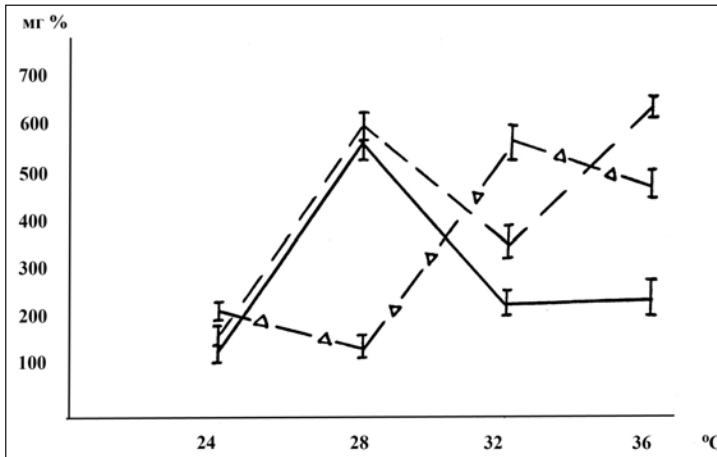


Рис. 3. Вплив температури підрощування молоді різних видів риб на вміст кальцію (мг% сухої тканини) в їх організмі
 — білий товстолоб; - - - білий амур; —△— канальний сом

В усіх досліджених видів риб вміст кальцію зі зростанням температури води від 24 до 36°C зростає. Виняток становили лише мальки канального сома, яких вирощували за температури води 28°C. У їх тілі загальний вміст кальцію був знижений порівняно з рибами, що аклімуються за температури 24°C. Відмічений факт свідчить про інтенсифікацію метаболічних процесів в організмі мальків риб за підвищення температури середовища. У літературі є дані про зростання концентрації кальцію разом з іншими іонами в риб за їх температурної аклімації [11].

Висновки з дослідження та перспективи подальшого розвитку в цьому напрямі. Таким чином, дані, що характеризують показники фосфорного обміну в організмі молоді білого товстолоба, білого амура й канального сома, вказують на неоднакову реакцію їх на підвищення температури середовища. Проаналізувавши вивчені параметри, можна зробити висновок, що найбільший вплив на фосфорний обмін у білого товстолоба мають крайні з вивчених температур – 24 й 36°C, білого амура – 32 й 36°C, канального сома – 36°C. У молоді всіх досліджуваних видів риб виявлене зменшення ефективності

енергообміну за їх підрощування у воді, температура якої становила 36°C. За такого температурного режиму відмічається й найбільша загибель молоді [2].

Подальші наші дослідження будуть скеровані на вивчення особливостей фосфорно-кальцієвого обміну в організмі дорослих риб, оскільки ці дані можуть бути корисними для фахівців, що займаються питаннями розведення й інтродукції цінних у промисловому відношенні видів риб.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДРАЩИВАНИЯ МОЛОДИ РАЗНЫХ ВИДОВ РЫБ НА ТКАНЕВОЕ СОДЕРЖАНИЕ ФОСФОРОРГАНИЧЕСКИХ МАКРОЭРГИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Соломатина В.Д. – д. б. н., профессор

Пинкина Т.В. – к.б.н., доцент

Свительский Н.М. – к.с.-х. н., доцент

Житомирский национальный агроэкологический университет kbapn@ukr.net

На примере различных видов рыб (белого толстолобика, белого амура и канального сома) исследовано влияние температуры подращивания молодёжи рыб на содержание фосфорных соединений и кальция в их организме. У всех исследованных видов рыб содержание кальция с ростом температуры воды от 24 до 36°C увеличивалось. Исключение составляли только мальки канального сома, которых выращивали при температуре воды 28°C. В их теле общее содержание кальция было сниженным по сравнению с рыбами, акклимируемыми при температуре 24°C. Отмеченный факт свидетельствует об интенсификации метаболических процессов в организме мальков рыб при повышении температуры среды.

Ключевые слова: белый толстолобик, белый амур, канальный сом, потенциал фосфорилирования, фосфорорганические соединения, фосфорные фракции.

THE EFFECT OF THE TEMPERATURE OF REARING YOUNG FISH OF DIFFERENT SPECIES ON THE CONTENT OF ORGANOPHOSPHORUS HIGH-ENERGY COMPOUNDS IN THEIR TISSUES

Solomatina V.D. – Doctor of Biological Sciences

Pinkina T.V. – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Svitelskyi M.M. – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Zhytomyr National Agroecological University, Zhytomyr

kbapn@ukr.net

Using the example of various types of fish: silver carp, grass carp and channel catfish, the effect of the temperature of growing young fish on the content of phosphorus

compounds and calcium in their bodies was investigated. In all fish species studied, the calcium content increased with increasing water temperature from 24 to 36°C. The only exceptions were canal catfish fry, which were grown at a water temperature of 28°C. In their body, the total calcium content was reduced compared with fish acclimated at 24°C. This fact indicates the intensification of metabolic processes in the body of fish fry with increasing ambient temperature.

Key words: silver carp, grass carp, channel catfish, phosphorylation potential, organophosphorus compounds, phosphorus fractions.

ЛІТЕРАТУРА

1. Деркачев Э.Ф. Биоэнергетика и стресс. *Регуляция энергетического обмена и устойчивость организма*. Пушино, 1975. С. 139–143.
2. Евтушенко Н.Ю. Интенсивность фиксации углекислоты в тканях карпов в зависимости от температуры среды. *Укр. биохим. журн.*, 1976. № 48. С. 629–632.
3. Коцарь Н.И. Установка для длительного поддержания заданного газового режима воды в экспериментальных аквариумах. *Гидробиол. журн.*, 1975. Т. 11. № 6. С. 101–104.
4. Мурин В.А., Приходько В.А., Лупачева Л.И. Итоги и перспективы научных исследований по промышленному внедрению растительноядных рыб в Украинской ССР. *Рыбохозяйственное освоение растительноядных рыб*. М.: Наука, 1966. С. 29–36.
5. Петрунькина А.М. Практическая биохимия. М.: Медгиз, 1991. С. 279–282.
6. Ринькис Г.Я. Методы ускоренного колориметрического определения микроэлементов в биологических объектах. Рига: Изд-во АН Латв. ССР, 1983. С. 28–30.
7. Романенко В.Д. Физиология кальциевого обмена. Киев: Наукова думка, 1975. 171 с.
8. Романенко В.Д., Коцар Н.И. Регуляція кислотно-лужної рівноваги крові риб при їх адаптації до зміни температури. *Фізіол. журн.*, 1986. № 22. С. 750–754.
9. Трусевич В.В. Фосфорный обмен при плавании рыб. *Элементы физиологии и биохимии общего и активного обмена у рыб*. Киев: Наукова думка, 1978. С. 145–167.
10. Фомовский М.А., Крот Ю.Г., Бабенко Ю.В., Пелюх П.Ф. Применение самокормушек при выращивании карпов в садках на подогретых сбросных водах тепловых электростанций. *Освоение теплых вод энергетических объектов для интенсивного рыбоводства*. Киев: Наук. думка, 1978. С. 286–289.
11. Houston A.H., Nodlen J. Environmental temperature and plasma electrolyte regulation in the carp, *Caprynus carpio*. *Nature*, 1968. № 5132. P. 969–970.

12. Jones H.R., Murrey J. The acide-soluble nucleotides golding (*Gadus collar-*ius) muscle. *J. biochem*, 1960. № 77. P. 567–575.
13. Rossi C.S., Lehninger A.L. Stoichilometric relationchip between mitochon-drial ion accumulation phosphorilations. *Biochem. Res. Commun*, 1963. № 11. P. 441–446.
14. Schneider W.C. Phosphorus compounds in animal tissue.1. Extraction and estimation of desoxyeptide nucleic acid. *The Journal of Biological chem-istry*, 1975. № 1. P. 293.
15. Stransky L. Determination of adenine nucleotides by paper electrophoresis. *Journ. Chromatography*, 1993. № 4. P. 456–462.

REFERENCES

1. Derkachev Ye.F. (1975). Bioenergetika i stress. Reguljacija jenergetich-eskogo obmena i ustojchivost' organizma (The regulation of the energy metabolism and body's stability). Pushhino, pp. 139–143. [in Russian].
2. Evtushenko N.Ju. (1976). Intensivnost' fiksacii uglekisloty v tkanjah kar-pov v zavisimosti ot temperatury sredy. *Ukrainskij biohimicheskij zhurnal*, № 48, pp. 629–632. [in Russian].
3. Kocar' N.I. (1975). Ustanovka dlja dlitel'nogo podderzhanija zadannogo gazovogo rezhima vody v jeksperimental'nyh akvariumah. *Gidrobiologich-eskij zhurnal*, Vol.11, No 6, pp.101–104. [in Russian].
4. Murin V.A., Prihod'ko V.A., Lupacheva L.I. (1966). Itogi i perspektivy nauchnyh issledovanij po promyshlennomu vnedreniju rastitel'nojadyh ryb v Ukrainskoj SSR. *Rybohozajstvennoe osvoenie rastitel'nojadyh ryb* (Fishery development of the herbivorous fish). Moscow: Nauka, pp. 29–36. [in Russian].
5. Petrun'kina A.M. (1991). *Prakticheskaja biohimija* (The practical biochem-istry). Moscow: Medgiz, pp. 279–282. [in Russian].
6. Rin'kis G.Ja. (1983). *Metody uskorennoho kolorimetriceskogo opredele-nija mikrojelementov v biologicheskij ob'ektah* (The methods of the accel-erated colorimetric determination of the trace elements in the biological objects). Riga: Izd-vo AN Latv. SSR, pp. 28–30. [in Russian].
7. Romanenko V.D. (1975). *Fiziologija kal'cievogo obmena* (The physiology of the calcium metabolism). Kyiv: Naukova dumka. [in Russian].
8. Romanenko V.D., Kocar N.I. (1986). Reguljacija kislotno-luzhnoï rivo-nagi krovi ryb pri ih adaptacii do zmini temperature. *Fiziologichnij Zhurnal*, No 22. pp. 750–754. [in Ukrainian].
9. Trusevich V.V. (1978). Fosfornyj obmen pri plavanii ryb. *Jelementy fiziologii i biohimii obshhego i aktivnogo obmena u ryb* (The elements of physiology and biochemistry of the fish's general and active metabolism). Kyiv: Nauk-ova dumka, pp. 145–167. [in Russian].

10. Fomovskij M.A., Krot Ju.G., Babenko Ju.V., Peljuh P.F. (1978). Primenenie samokormushek pri vyrashhivanii karpov v sadkah na podogretyh sbrosnyh vodah teplovyh jelektrostantsij. *Osvoenie teplyh vod jenergeticheskikh ob'ektov dlja intensivnogo rybovodstva* (The development of the warm water of the energy facilities for the intensive fish farming). Kyiv: Naukova dumka, pp. 286–289. [in Russian].
11. Houston A.H. Nodlen Jane (1968). Environmental temperature and plasma electrolyte regulation in the carp, *Caprynus carpio*. *Nature*, No 5132, pp. 969–970.
12. Jones H.R., Murrey J. (1960). The acide-soluble nucleotides golding (*Gadus collarius*) muscle. *J. biochem*, No 77, pp. 567–575.
13. Rossi C.S., Lehninger A.L. (1963). Stoichilometric relationchip between mitochondrial ion accumulation phosphorilations. *Biochem. Res. Commun*, issue 11, pp. 441–446.
14. Schneider W.C. (1975). Phosphorus compounds in animal tissue.1. Extraction and estimation of desoxyeptide nucleic acid. *The Journal of Biological chemistry*, No 1, pp.293.
15. Stransky L. (1993). Determination of adenine nucleotides by paper clretrophoresis. *Journ.Chromatography*, issue 10, No 4, pp. 456–462.