

БІОФІЗИКА

УДК 591.3:597.55.2 (574.2:577.151)

**ЗМІНА АКТИВНОСТІ Na^+/K^+ -АТФ-ази В ЕМБРІОНАХ КОРОПОВИХ РИБ
ЗА ДІЇ РІЗНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ТА КИСНЕВОГО РЕЖИМУ ВОДОЙМ**

О. Водяницький, О. Потрохов, О. Зіньковський, М. Причеп

*Інститут гідробіології НАН України
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ 04210, Україна
e-mail: fishfarmeralex@ukr.net*

У зв'язку з глобальним підвищенням середньорічних температур відбуваються суттєві зміни умов існування гідробіонтів. Останнім часом у багатьох водоймах спостерігається зростання температури води на 4–5 °С. Оскільки риби є пойкилотермними тваринами, то дані зміни будуть сильно позначатися на їхній життєдіяльності. Саме тому метою наших досліджень було визначити вплив екологічних чинників водного середовища та їхні коливання на ранні етапи розвитку ембріонів риб, оцінити ступінь їхньої дії за анатомічними, морфологічними, біохімічними і генетичними показниками. У даній статті освітлено лише частину від загальної кількості отриманих результатів, а саме зміну активності Na^+/K^+ -АТФ-ази для ембріонів коропа, білого амура та білого товстолобика. Встановлено міжвидову різницю в активності Na^+/K^+ -АТФ-ази. За погіршення температурних умов і зниження при цьому концентрації розчиненого кисню у білого товстолобика підвищується активність ферменту, тобто відбувається посилений обмін між зовнішнім і внутрішнім середовищем ікринки, що ми спостерігали за температури 30,4 та 30,6 °С, де активність ферменту була найвищою. Крім того, при цьому відбувався прискорений ріст ембріонів і спостерігався значний відсоток аномалій їхнього розвитку. Оптимальною, на наш погляд, була температура під час інкубації білого товстолобика в межах 25–28 °С. Для ікри білого амура виявлено максимальне значення активності АТФ-ази за температури 25,6 °С (41,1 мкг Р/год×мг білка). Оптимальними за показником активності досліджуваного ферменту ми вважаємо температури на рівні 25,0 °С, як і для білого товстолобика. У коропа на стадії пігментації очей нами відмічено найвищу активність Na^+/K^+ -АТФ-ази за температури 22,0–24,0 °С, яка була на 22,8–59,0 % вищою, ніж за 25,0–28,0 °С. Саме 22,0–24,0 °С є оптимальним температурним режимом для цього виду у природних водоймах. З підвищенням температури на цій стадії відбувається зниження активності ферменту, що зумовлено адаптивною реакцією ембріона на зростаючий вплив температурного чинника та зниження вмісту розчиненого у воді кисню.

Ключові слова: ембріональний розвиток, температура води, вміст розчиненого кисню, активність Na^+/K^+ -АТФ-ази, адаптація

Останнім часом у багатьох водоймах спостерігається підвищення температури води на 4–5 °С, що суттєво впливає на умови існування риб [18]. При цьому знижується вміст розчиненого у воді кисню, активізується утворення вуглекислого газу та сірководню, підвищується вміст заліза у воді. Крім того, змінюється видовий склад фіто- і зоопланктону, відбувається зміщення біологічних сезонів у часі [13].

Здатність жити в певному температурному інтервалі є власним еволюційним надбанням кожної групи риб. Проте, поряд із адаптацією до конкретного температурного режиму, важливе значення має здатність кожного виду вчасно реагувати на короткочасні або тривалі зміни температури.

Як відомо, життєдіяльність водяних організмів значною мірою регулюється впливом зовнішніх чинників через їхній постійний контакт зі середовищем існування та внаслідок особливостей термодинаміки самих організмів [19]. Тому у пойкилотермних тварин є механізми контролю інтенсивності обмінних процесів, насамперед, за рахунок ферментативної регуляції. Відомо, що мембранна Na^+/K^+ -АТФ-аза клітин одною з перших забезпечує формування первинної реакції на дію чинників і запускає механізми формування довготривалої адаптації [1, 2].

За температурної адаптації зміни, які відбуваються у клітинних мембранах, можуть відігравати важливу роль. Роль АТФ-ази при цьому може бути ключовою не тільки в підтримці структурної цілісності мембран, але й у забезпеченні їхнього функціонального статусу, перш за все йонного обміну [11, 16].

Водночас фізіолого-біохімічні явища та процеси, які відбуваються безпосередньо в зоні сублетальних значень температур (зазвичай вище $30\text{ }^\circ\text{C}$, на межі життєдіяльності гідробіонтів), багато в чому залишаються маловивченими [8].

Періодичні синусоїдальні коливання температури в межах екологічної валентності виду не знижують, а підвищують швидкість росту риб, оптимізуючи їхні енергозатрати [17]. Усі ці зміни так чи інакше пов'язані з йонним обміном. Підвищення швидкості росту риб, під впливом коливань температури за межами оптимальних показників, безперечно, супроводжується зниженням інтенсивності дихання [9], зміною масо-розмірних характеристик, зменшенням числа виживаності та збільшенням відсотка аномалій розвитку [3–5].

Na^+/K^+ -АТФ-аза є одним із ключових ферментів, необхідних для життєдіяльності клітини, оскільки крім основної функції (створення оптимального внутрішньоклітинного співвідношення іонів Na^+ і K^+), цей фермент може опосередковано через створення рушійної сили забезпечувати перенесення різних метаболітів, у тому числі цукрів і амінокислот, через клітинну мембрану [12].

Тому **метою** наших досліджень було визначити вплив температурного режиму водойми на швидкість розвитку ембріонів білого товстолобика, білого амура та коропа й активність Na^+/K^+ -АТФ-ази.

Матеріали та методи

Дослідження проводили на Білоцерківській експериментальній гідробіологічній станції Інституту гідробіології НАН України. Біологічним матеріалом досліджень були ікра, ембріони білого товстолобика (*Hypophthalmichthys molitrix* Val.), білого амура (*Stenopharyngodon idella* Val.) та коропа (*Cyprinus carpio* L.).

Нами були відібрані три водойми (ставки), які через особливості свого розташування та ступеня затінення відрізнялися за температурними умовами, а завдяки цьому – і за кисневим режимом. Температуру води вимірювали протягом доби о 4, 12 та 20 год і по мірі проходження ембріональних стадій розвитку піддослідних видів риб. Вміст розчиненого кисню вимірювали о 4 годині ранку методом Вінклера [15]. Усі дослідні водойми наповнювалися водою з р. Рось. Ця вода характеризується такими гідрохімічними показниками: O_2 – 8,4–9,7 мг/дм³; рН – 8,3; твердість – 6,1 мг-екв./дм³; Ca^{2+} – 3,3 мг-екв./дм³ або 66,13 мг Ca^{2+} /дм³; Mg^{2+} – 2,8 мг-екв./дм³ або 34,02 мг Mg^{2+} /дм³; Cl^- – 0,85 мг-екв./дм³ або 30,13 мг Cl^- /дм³; NH_4^+ – 0,277 мг N/дм³; NO_2^- – 0,006 мг N/дм³; NO_3^- – 0,080 мг N/дм³; PO_4^{3-} – 0,062 мг P/дм³; ПО – 8,0 мг O/дм³; БО – 18,48 мг O/дм³.

Ікру від самок отримували шляхом стимулювання їх гіпофізарними ін'єкціями. Для кожного виду риб дослідження проводили в різні строки, згідно з настанням нерестових

температур у природних умовах: короп – травень; білий амур – червень; білий товстолобик – червень-липень.

Вранці (7° - 8° год), штучно запліднена ікра білого товстолобика, білого амура та коропа розміщувалася в сітчастих контейнерах у водоймі та підлягала дії всього комплексу екологічних умов водного середовища. Стадії розвитку контролювали шляхом періодичного огляду досліджуваної ікри під біокуляром. Ікру на різних стадіях розвитку відбирали та заморожували за температури -18°C . Після деякого часу зберігання ікру розморожували за кімнатної температури та розтирали у фарфоровій ступці. Далі отримані гомогенати досліджували за сімома біохімічними методиками. Визначали кількість білків, ліпідів і глікогену, а також активність Na^+/K^+ -АТФ-ази, сукцинатдегідрогенази (СДГ), лактатдегідрогенази (ЛДГ) та протеаз.

Активність Na^+ , K^+ -активууючої Mg-залежної аденозинтрифосфатази (АТФ-ази) встановлювали за приростом неорганічного фосфору в середовищі інкубації [14]. Вміст фосфору встановлювали за методом М.Н. Кондрашової та ін. [10]. Інкубаційне середовище (1 мл розчину) містило: NaCl – 100 мкмоль, KCl – 20 мкмоль, MgCl_2 – 5 мкмоль, трис- HCl (рН 7,4) – 50 мкмоль. У середовище додавали 0,1 мл 3-молярного розчину АТФ- Na_2 на 50 молярному буфері трис- HCl (рН 7,4). АТФ-азну активність розраховували в мкмольах Р/мг білка \times год [10]. Визначення вмісту білка здійснювали за Лоури (Lowry et al., 1951) [14].

Отримані дані опрацьовано статистично за допомогою програми Statistica 5.5.

Результати і їхнє обговорення

1) Активність Na^+/K^+ -АТФ-ази ікри білого товстолобика на різних стадіях розвитку за коливань температури води та концентрації розчинного кисню у водоймі

Згідно з результатами досліджень встановлено, що активність Na^+/K^+ -АТФ-ази ікри білого товстолобика на стадії закінчення гастрюляції поступово зростає по мірі підвищення температури оточуючого середовища (рис. 1). Так, за температури води $30,4$ – $30,6^{\circ}\text{C}$ вона вища в $1,8$ – $3,0$ рази, порівняно з температурою $22,0$ – $23,4^{\circ}\text{C}$. Відзначені температури води відмічали о 19 год, вночі спостерігали її падіння на $1,5$ – $3,0^{\circ}\text{C}$. Це вказує на посилення йонного обміну в ікрі товстолобика за дії температурного чинника, оскільки білий товстолобик – теплолюбний вид, для якого оптимальними для інкубації ікри вважається температура $24,0$ – $25,0^{\circ}\text{C}$. При цій температурі спостерігаються середні значення активності АТФ-ази ($9,6$ – $11,2$ мкг Р/год \times мг білка). Зміну активності ферменту за дії температури водного середовища можна вважати за своєрідну адаптивну реакцію організму вже на стадії гастрюляції – одного з критичних періодів у розвитку риб.

Для білого товстолобика під час раннього ембріонального розвитку на стадії гастрюляції характерне те, що в оболонці активність АТФ-ази досить адекватно відображає стан зовнішнього середовища, його сприятливість для ембріонів. За погіршення температурних умов та зниження при цьому концентрації розчиненого кисню підвищується активність АТФ-ази, тобто відбувається посилений обмін між зовнішнім і внутрішнім середовищем ікринки, що ми спостерігали за температури $30,4$ та $30,6^{\circ}\text{C}$, де активність ферменту була найвищою. Крім того, за таких умов відбувався прискорений ріст ембріонів і спостерігався значний відсоток аномалій розвитку [3–7]. Це могло стати наслідком порушень у диференціюванні зародкових листів на стадії гастрюляції. Оптимальною, на наш погляд, була температура в межах 25 – 28°C . Зі збільшенням температури відбуваються суттєві перебудови у метаболічних процесах, що відображається на зміні ферментативної активності, зокрема АТФ-ази. У цих водоймах у ранішні години відбувалося зниження вмісту розчиненого кисню. Це могло також сприяти посиленню йонного обміну,

інтенсивному використанню енергоресурсів (у тому числі й АТФ), що є проявом адаптивної реакції до несприятливих умов існування. Також на основі отриманих результатів була побудована кореляційна залежність між температурою води й активністю АТФ-ази ікри білого товстолобика на стадії кінець гастрюляції (рис. 2).

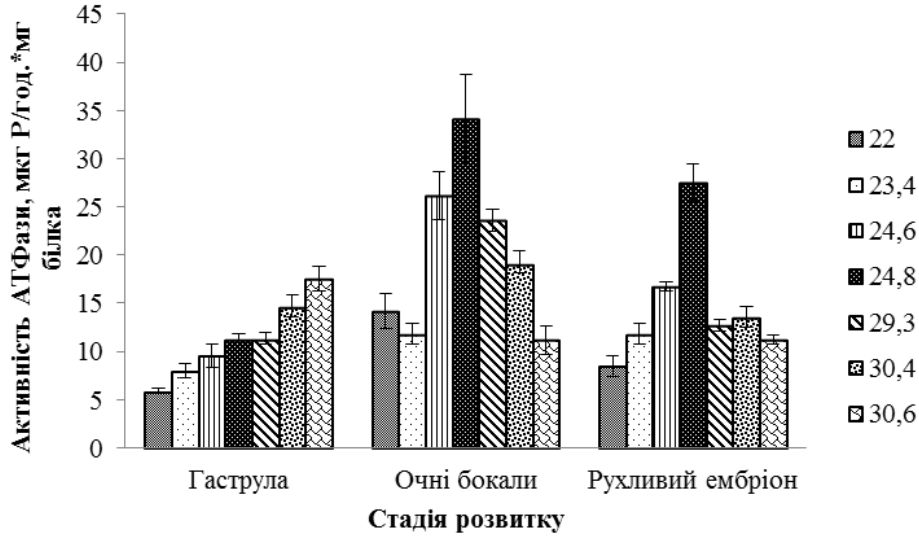


Рис. 1. Зміна активності Na^+/K^+ -АТФ-ази ікри білого товстолобика під час інкубації у природних водоймах на різних стадіях розвитку під впливом температури води, $M \pm m$, $n=6$

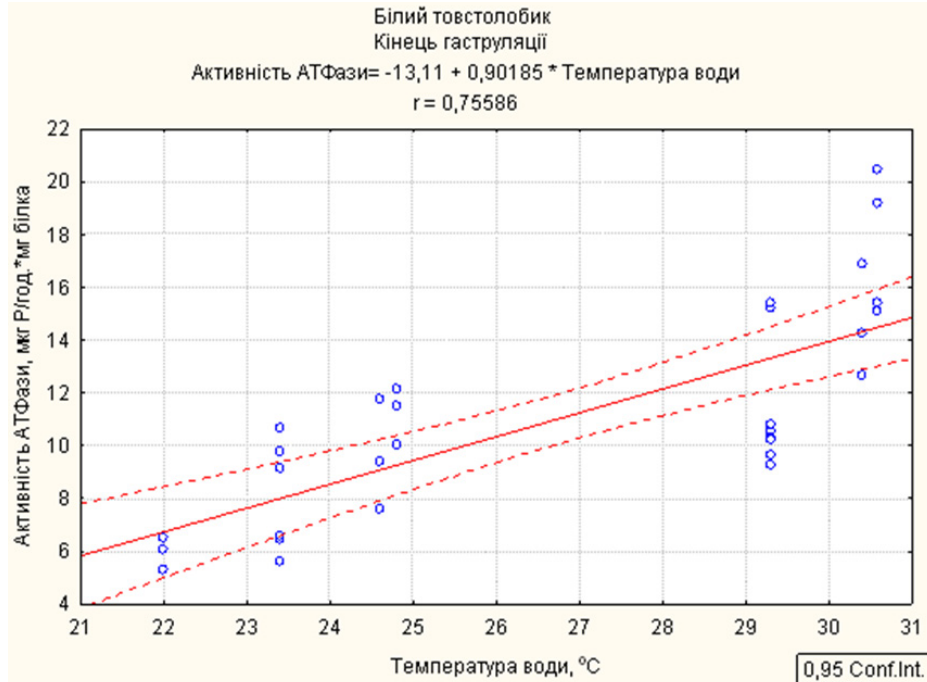


Рис. 2. Кореляційна залежність між температурою води й активністю АТФ-ази ікри білого товстолобика на стадії кінець гастрюляції

На стадії очних бокалів в ікрі товстолобика відбувається істотне підвищення активності досліджуваного ферменту, що вказує на збільшення контакту ембріона з зовнішнім середовищем на цьому етапі розвитку, зокрема, через необхідність додаткового надходження кисню. Крім того, збільшення активності АТФ-ази, можливо, викликане необхідністю більшого залучення йонного обміну між внутрішнім і зовнішнім середовищем для забезпечення тканинного гомеостазу.

На рис. 1 показано, що оптимальною для ембріонального розвитку риб на стадії очних бокалів була температура на рівні 25,0 °С. За інших досліджуваних температур спостерігали зниження активності цього ферменту, що, вочевидь, пов'язано зі зниженням у цих умовах йонного обміну в мембранах ікри.

Як і на попередній стадії розвитку, на стадії рухливого ембріона також найбільш сприятливим є температурний режим на рівні 25,0 °С. При збільшенні температури води з 22,0 °С до 24,8 °С активність АТФ-ази зростала у 3,2 разу. При подальшому підвищенні температури до 29,3–30,6 °С відбувалося зниження активності Na^+/K^+ -АТФ-ази, що свідчить про зниження йонного обміну за таких умов і залучення інших ферментів у обмінних процесах. Спостерігається адаптивна перебудова метаболічних процесів в організмі за перевищенням оптимальної температури для ембріонів білого товстолобика.

2) Активність Na^+/K^+ -АТФ-ази ікри білого амура на різних стадіях розвитку під впливом коливань температури води та концентрації розчинного кисню у водоймі

Аналогічні дослідження проведено на ікрі білого амура. Згідно з отриманими результатами, на стадії гастрюляції у цього виду виявлено максимальне значення активності АТФ-ази за температури 25,6 °С (41,1 мкг Р/год×мг білка). Порівняно з мінімальною температурою води (19,6 °С) та макимальною (29,2 °С) активність цього ферменту була вищою у 3,5 та 2,3 разу відповідно (рис. 3).

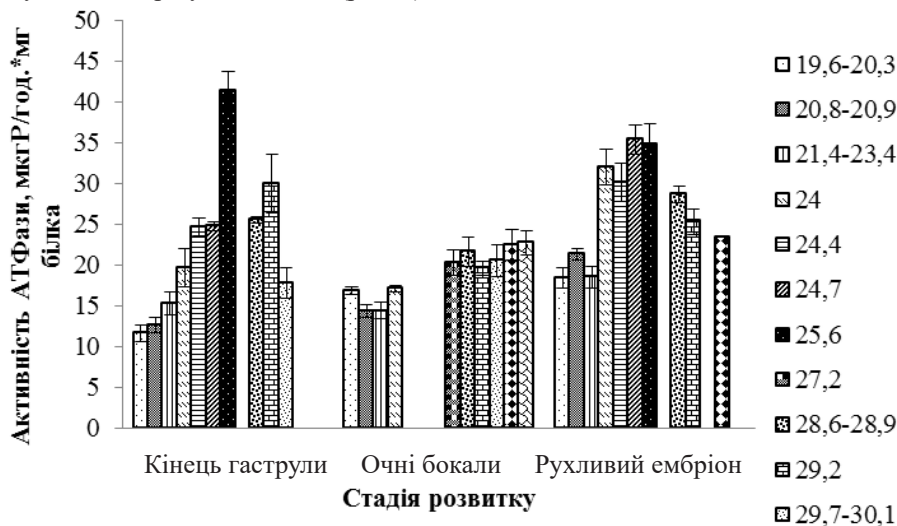


Рис. 3. Зміна активності Na^+/K^+ -АТФ-ази ікри білого амура під час інкубації у природних водоймах на різних стадіях розвитку під впливом температури води, $M \pm m$, $n=6$

На відміну від ікри білого товстолобика, у білого амура на стадії очних бокалів відбувається зниження активності АТФ-ази та, відповідно, і йонного обміну на мембранах клітин, порівняно зі стадією гастрюляції. Лише за температур від 20,3 до 24,0 °С відбувалося зростання активності ферменту на стадіях раннього органогенезу, порівняно з гастрюляцією.

На стадії рухливого ембріона активність ферменту знову зростає від 18,5 до 35,4 мкг Р/год×мг білка залежно від температури оточуючого середовища. Це свідчить про посилення йонного обміну напередодні вилуплення ембріонів з оболонки ікринки. Оптимальними за показником активності досліджуваного ферменту зародків білого амура ми вважаємо температури на рівні 25,0 °С, як і для білого товстолобика. Саме за цієї температури відбувалося максимальне зростання активності АТФ-ази, порівняно з іншими температурними режимами. Важливо відзначити, що за температури 25,0 °С створилися задовільні кисневі умови (вище за 5,0 мг О/дм³), чого не спостерігали при перевищенні температурного оптимуму. За досить високого температурного режиму (вище 28,0 °С) найчастіше був помічений аномальний розвиток ембріонів, зменшення довжини та маси тіла, а також зниження відсотка виживаності [3–7].

3) Активність Na⁺/K⁺-АТФ-ази в ікрі коропа на різних стадіях розвитку під впливом коливань температури води та концентрації розчинного кисню у водоймі

За результатами досліджень, проведеними на ікрі коропа, було встановлено, що на стадії очних бокалів активність ферменту була вищою за температури 22,3 °С на 4,2 та 7,2 рази, ніж за 20,0 та 21,7 °С (рис. 4). У свою чергу, при подальшому зростанні температури до 25,4 °С активність АТФ-ази знижується у 2,6, а до 27,8 °С – у 17,6 разу. Це вказує на деяку ізоляцію ембріонів від несприятливого зовнішнього середовища шляхом зниження йонного обміну з ним і переходом на анаеробний обмін у тканинах ембріонів. Особливо важливим є той факт, що за цих температурних умов знижується вміст розчиненого у воді кисню до 2,5–2,8 мг/дм³, а розвиток ембріонів трохи уповільнюється.

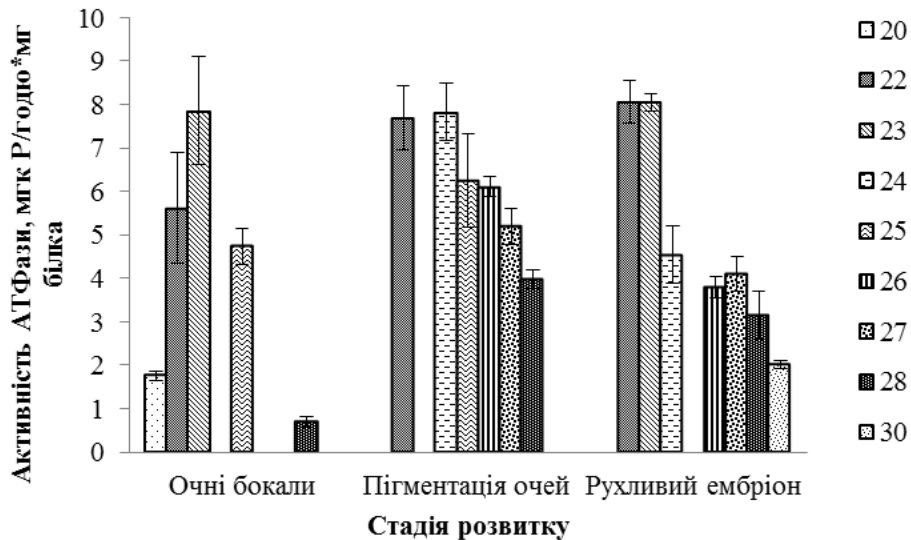


Рис. 4. Зміна активності Na⁺/K⁺-АТФ-ази ікри коропа під час інкубації у природних водоймах на різних стадіях розвитку під впливом температури води, M±m, n=6

На стадії пігментації очей у коропа нами відмічено найвищу активність Na⁺/K⁺-АТФ-ази за температури 22,0–24,0 °С, яка була на 22,8–59,0 % вищою, ніж за 25,0–28,0 °С. Саме 22,0–24,0 °С є оптимальним температурним режимом для цього виду у природних водоймах. З підвищенням температури на цій стадії відбувається зниження активності ферменту, що зумовлено адаптивною реакцією ембріона на зростаючий вплив температурного чинника та зниження вмісту розчиненого у воді кисню.

Для ікри коропа на стадії рухливого ембріона встановлено аналогічну тенденцію за зміною активності АТФ-ази, як і на стадії пігментації очей. Зокрема, з підвищенням температури водного середовища зменшувалась активність Na^+/K^+ -АТФ-ази, що зумовлено послабленням окисно-відновних і посиленням анаеробних процесів за низького вмісту кисню у воді. Особливо відчутне зниження активності ферменту в ікрі встановлено за температури води 30 °С.

За надмірно високої температури відмічається аномальний розвиток ембріонів, поява ембріопатів. Тобто швидкість росту й розвитку зародків супроводжується порушеннями поділу клітин ембріонів й виражається у зниженні життєздатності нащадків.

Оптимальними температурами для розвитку у коропа є температури 22–24 °С, а у білого амура та білого товстолобика 24–25 °С. При цьому у рослиноїдних риб протягом ембріогенезу рівень оптимальної температури для розвитку зародків може змінюватися залежно від стадії розвитку, чого не відмічалось для коропа. У цьому полягає міжвидова різниця досліджуваних риб.

За напрямками змін активності Na^+/K^+ -АТФ-ази та її величини в комплексі з іншими показниками (зміною активності сукцинатдегідрогенази, лактатдегідрогенази та протеаз, кількістю білків, ліпідів і глікогену, а також масо-розмірними характеристиками) можна розраховувати, якими є екологічні умови – оптимальними чи критичними – для проходження ембріогенезу риб у природних водоймах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Антонов В. Ф. Мембранный транспорт // Сорос. образов. журнал. 1997. № 6. С. 4–12.
2. Бойко Н., Целевич М., Санагурський Д. Вплив йонів важких металів на активність Na^+ , K^+ АТФ-ази та динаміку трансмембранного потенціалу зародків в'юна // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2002. Вип. 29. С. 25–31.
3. Водяницький О. М., Прімачов М. Т., Гриневич Н. Є. Вплив температурного та кисневого режимів водного середовища на виживаність та розвиток коропових риб // Наук. вісн. НУБіП України. Сер. біол., біотехнол., екол. 2016. № 234. С. 70–78.
4. Водяницький О. М., Потрохов О. С., Зінковський О. Г. Ембріональний розвиток коропа й активність ферментів енергетичного та пластичного обміну за дії коливань температурного режиму водойми // Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології: Матеріали VII Міжнар. іхтіологічної наук-практ. конф., присвяч. 140-річчю Херсон. держ. аграр. ун-ту. 10–13 вересня 2014 р. Мелітополь; Бердянськ, 2014. С. 38–42.
5. Водяницький О. М., Потрохов О. С., Зінковський О. Г. Вплив коливань температурного режиму водойми на ембріональний розвиток білого товстолобика // Рибогосподарська наука України. 2015. № 1. С. 96–107.
6. Водяницький О. М. Активність ферментів енергетичного та пластичного обміну ембріонів білого товстолобика за дії коливань температурного та кисневого режиму водойми // Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем: зб. матеріалів наук-практ. конф., присвяч. 75-річчю заснування Ін-ту гідробіології НАНУ. 2–3 квітня 2015 р. К., 2015. С. 16–18.
7. Водяницький О. М., Причепла М. В. Вплив абіотичних чинників на активність Na^+/K^+ -АТФ-ази під час ембріонального розвитку коропа та білого амура // Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем: наук-практ. конф. молодих вчених. 6–7 жовтня 2016 р. К., 2016. С. 13–15.
8. Голованов В. К., Чуйко Г. М., Подгорная В. А. Физиолого-биохимические аспекты адаптаций рыб в зоне сублетальных высоких температур // Современные проблемы

- физиологии и биохимии водных организмов: материалы III Междунар. конф. с элементами школы для молодых ученых, аспирантов и студентов. 22–26 июня 2010 г. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. С. 32–34.
9. Зданович В. В. Сопряженность изменения различных параметров метаболизма карпа *Syrpinus carpio* при колебаниях температуры // Вестн. МГУ. 2004. № 3. С. 45–49.
 10. Кондрашова М. Н., Лесогорова М. Н., Шноль С. Э. Метод определения неорганического фосфора по спектрам поглощения в ультрафиолете // Биохимия. 1965. Т. 30. Вып. 3. С. 567–572.
 11. Кравцов А. В., Алексенко И. Р. Механизмы регуляции векторных ферментов биомембран. К.: Наук. думка, 1990. 176 с.
 12. Кяйвяряйнен Е. И., Борвинская Е. В., Куклина М. М., Немова Н. Н. Роль Na^+ , K^+ АТФ-азы в биохимических механизмах адаптации к биотическим и абиотическим факторам среды // Современ. проблемы физиологии и биохимии водных организмов: материалы III Междунар. конф. с элементами школы для молодых ученых, аспирантов и студентов 22–26 июня 2010 г. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. С. 115–120.
 13. Лукьяненко В. И. Экологические аспекты ихтиотоксикологии. М.: Агропромиздат, 1987. 240 с.
 14. Методы биохимических исследований (липидный и энергетический обмен) / ред. М.И. Прохорова. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1982. 272 с.
 15. Culberson C. H., Knapp G., Williams R. T., Zemlyak F. A comparison of methods for the determination of dissolved oxygen in seawater. – WHP Office report, WHPO-91-2, February 1991. [Updated 8/99].
 16. Diana J. S. The growth of largemouth bass, *Micropterus salmoides*, under constant and fluctuating temperatures // J. Fish Biol. 1984. Vol. 24. N 2. P. 165–172.
 17. Hochachka P. W., Somero G. N. Biochemical adaptation: Mechanism and process in physiological evolution. Oxford: Oxford University Press, 2002. 356 p.
 18. Janauer G. A. Aquatic vegetation in river floodplains: climate change effects, river restoration and ecohydrology aspects // Climate Change. Inferences from Paleoclimate and Regional Aspects. New York: Springer, 2012. P. 149–156.
 19. Prochazka E. Incidence of malformations in fish embryos/larvae. Smart Water Research Facility, Griffith University – Nathan/Gold Coast Campus – September 18. 2009. 11 p.

Стаття: надійшла до редакції 10.10.16

доопрацьована 21.12.16

прийнята до друку 06.02.17

CHANGES IN ACTIVITY OF Na^+/K^+ -ATP-ase IN EMBRYOS CARP FISH UNDER DIFFERENT OXYGEN AND TEMPERATURE OF RESERVOIRS REGIME

A. Vodyanitskyi, A. Potrohov, O. Zinkovskyi, M. Prychepa

*Institute of Hydrobiology, NAS of Ukraine
12, Heroes of Stalingrad Ave., Kyiv 04210, Ukraine
e-mail: fishfarmeralex@ukr.net*

Due to the increase in global average annual temperatures considerable changes of living conditions of aquatic organisms. Recently, many reservoirs an increase in water temperature 4–5 °C. Since fish are poikilothermic animals then these changes will greatly affect

their life. That is why the purpose of our research was to determine the influence of environmental factors aquatic environment and their fluctuations in the early stages of embryos of fish, assess the extent of action by anatomical, morphological, biochemical and genetic parameters. In this paper, lit only part of the total of the results, namely a change of activity Na^+/K^+ -ATP-ase embryos for carp, grass carp and silver carp white. The noted inter specific differences in activity of the enzyme. With the deteriorating conditions of temperature and decrease with the concentration of dissolved oxygen in the white carp ATP-ase activity increases, that is reinforced exchange between external and internal environment of the eggs that we saw in temperatures of 30.4 and 30.6 °C, which was the highest enzyme activity. Also while there was accelerated growth of embryos was observed and a significant percentage of anomalies of development. The most optimal, in our opinion, was the temperature during incubation of silver carp within 25–28 °C. For grass carp found the maximum ATP-ase activity at temperatures 25.6 °C (41.1 mg P / h. × mg protein). The most optimal in terms of enzyme activity investigated, we believe the temperature at 25.0 °C as for white carp. In carp on stage pigmentation eye we observed the highest activity of Na^+/K^+ -ATP-ase in temperatures 22.0–24.0 °C, who was 22.8–59.0 % higher than 25.0–28.0 °C. It 22.0–24.0 °C is the optimal temperature conditions for this species in natural waters. As the temperature at this stage, the reduced activity of the enzyme that caused fetal compensatory response to the growing influence of temperature factor and reduction of dissolved oxygen.

Keywords: embryonic development, water temperature, dissolved oxygen, activity of Na^+/K^+ -ATP-ase, adaptation