

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ГІДРОБІОЛОГІЇ

ПРИЧЕПА
Микола Володимирович

УДК[597.556.331.1: 57.017.7]: 574.5

**ОСОБЛИВОСТІ АДАПТАЦІЇ АБОРИГЕННИХ ОКУНЕВИХ РИБ
ДО ДІЇ ЕКОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА**

03.00.10 – іхтіологія

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата біологічних наук

Київ – 2016

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Інституті гідробіології НАН України м. Київ.

Науковий керівник – доктор біологічних наук,
старший науковий співробітник
Потрохов Олександр Спиридонович,
Інститут гідробіології НАН України,
завідувач лабораторії біології відтворення риб

Офіційні опоненти: доктор біологічних наук, професор
Курант Володимир Зіновійович,
Тернопільський національний педагогічний
університет ім. Володимира Гнатюка,
професор кафедри хімії та методики її навчання

кандидат біологічних наук,
старший науковий співробітник, доцент
Шевченко Петро Григорович,
Національний університет
біоресурсів і природокористування України,
завідувач кафедри гідробіології та іхтіології.

Захист відбудеться 12 травня 2016 р. об 11 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д.26.213.01 Інституту гідробіології НАН України за адресою: 04210, м. Київ, пр. Героїв Сталінграда, 12.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Інституту гідробіології НАН України (04210, м. Київ, пр. Героїв Сталінграда, 12).

Автореферат розісланий “ ____ ” 2016 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,

А. В. Ліщук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Зарегулювання стоку річок України вплинуло на умови існування в них аборигенної іхтіофауни. Відомо, що для окремих видів риб навіть незначні коливання гідрологічного та гідрохімічного режиму є критичними (Лукьяненко, 1987, Хильчевский и др, 1999; Романенко и др., 2003; Федоненко, 2010). Внаслідок недостатнього рівня фізіологічної та екологічної пластичності певні види, які не здатні протистояти впливу абіотичних та антропогенних чинників, потрапили до Червоної книги України (Булахов та ін., 2009; Немова, 2010). Іншою причиною скорочення ареалів та чисельності аборигенних видів риб є розповсюдження адвентивних та інвазивних риб, які за рівнем фізіологічної полівалентності переважають місцеві види та починають домінувати в нових для них водоймах (Effoed et al., 1997; Немова, Высоцкая, 2004; Nemova, 2007; Бігун, 2008; Зінковський та ін., 2011). Тому виникає необхідність дослідження природних популяцій аборигенних видів риб в ареалах їх поширення. При цьому використання низки фізіолого-біохімічних показників дозволить оцінити особливості перебігу метаболічних процесів у риб з розірваних ареалів у процесі їх адаптації до нових умов існування (Кирпичников, 1987; Лукин, 1997; Ночаска, Somero, 2002; de La Torre et al., 2007). Адже саме на біохімічному рівні у риб, що мешкають у змінених умовах, спостерігається порушення життєво необхідних функцій. Ці зміни відображають вплив чинників оточуючого водного середовища та дозволяють оцінювати та діагностувати стан екосистеми (Моисеенко, 2000). Фізіолого-біохімічний стан риб на підставі визначення ферментативної активності та гормонального фону дозволяє встановити наявність стресових та несприятливих умов середовища, коли ще немає видимих ознак пошкодження чи деградації екосистеми (Sancho et al., 2003; Руднева, 2006; Немова, 2008; Varadarajan, 2010; Рощина, 2010). При проведенні зазначених досліджень необхідно виявити найбільш інформативні біохімічні показники, за якими можна оцінювати фізіологічний стан риб, що перебувають під дією антропогенних чинників (Шахматова, 2012; Trujillo-jimenez et al., 2014). За оцінкою їхнього стану можна також прогнозувати і зміни в іхтіоценозах (Kori-Siakpere et al., 2011).

Відомо, що адаптація риб до конкретних екологічних умов відбувається як за морфометричними та морфологічними їх ознаками, так і на фізіолого-біохімічному рівні. Тому дослідження цих характеристик різних популяцій риб дає можливість оцінити екологічні умови окремої екосистеми. На сучасному етапі досліджень сезонна динаміка гормонального регулювання обмінних процесів у риб з різних природних популяцій вивчена вкрай недостатньо. В той же час саме циклічність обмінних процесів є важливою складовою адаптивних механізмів виду до змінених умов середовища.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження за темою дисертаційної роботи проводили в Інституті гідробіології НАН України в рамках держбюджетних тем: «Особливості еколого-фізіологічної адаптації інвазійних та зникаючих аборигенних видів риб та безхребетних до дії природних та антропогенних чинників» (0108U.000504), «Фізіолого-біохімічні та цитогенетичні

механізми пристосування риб та безхребетних до несприятливих змін екологічних чинників» (РК 0113U.001581).

Мета і завдання досліджень. Метою роботи було встановити характер та закономірності зміни морфо-фізіологічних та фізіолого-біохімічних показників окуневих риб та визначити межі їх адаптивних можливостей за дії екологічних чинників водного середовища.

Мета здійснювалась шляхом вирішення наступних завдань:

- дослідити ступінь резистентності аборигенних видів риб родини окуневих до дії абіотичних та антропогенних чинників;
- вивчити межі адаптивних можливостей окуневих риб на різних етапах онтогенезу до дії абіотичних чинників та токсичного навантаження навколишнього середовища;
- встановити залежність між морфо-фізіологічними показниками та репродуктивними властивостями окуневих риб і ступенем антропогенного навантаження на водойму;
- з'ясувати фізіолого-біохімічні особливості адаптивних реакцій різних видів окуневих риб до змін умов існування;
- визначити найбільш показові та придатні для використання фізіолого-біохімічні показники окуневих риб для оцінки екологічного стану окремої водойми.

Об'єкти дослідження – механізми морфо-фізіологічної та фізіолого-біохімічної адаптації окуневих риб.

Предмет дослідження – фізіолого-біохімічні та морфо-фізіологічні показники окуневих риб за дії екологічних чинників водного середовища та їх адаптивні реакції до несприятливих умов існування.

Методи дослідження – гідрохімічні, іхтіологічні, токсикологічні, морфометричні, фізіолого-біохімічні, статистичні.

Наукова новизна отриманих результатів. На підставі морфологічного аналізу окуневих риб встановлено, що досліджувані угруповання йоржа, судака та окуня є репродуктивно ізольованими популяціями. Доведено, що окунь та йорж є екологічно полівалентними видами риб. Це підтверджується широким рівнем фенотипічної мінливості меристичних та пластичних ознак, а також токсикорезистентними можливостями стосовно дії на організм токсикантів різної хімічної природи. Судак за аналогічними критеріями характеризується більш вузьким діапазоном толерантних можливостей до дії негативних чинників. Отримані нові дані щодо особливостей гормонального та ферментативного регулювання проходження адаптивних процесів у різних видів окуневих риб до дії екологічних чинників. Вперше встановлено, що кортизол, соматотропін, пролактин, тироксин та трийодтиронін регулюють обмінні процеси у риб при пристосуванні до дії несприятливих чинників, зокрема при зниженні концентрації розчиненого кисню, зміні мінералізації води, токсичному навантаженні та збільшенні евтрофікації водойм. Вперше доведено, що успішність зимівлі риб залежить від рівня кортизолу у плазмі крові риб.

Підтверджено, що у водоймах, які зазнають значного антропогенного навантаження спостерігається зростання абсолютної плодючості в усіх досліджуваних окуневих риб.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані дані, які стосуються фізіолого-біохімічної токсикорезистентності окремих представників родини окуневих, варто використовувати при нормуванні скидів стічних вод, щоб не зашкодити популяціям цінних видів риби. Морфо-фізіологічні та фізіолого-біохімічні показники стану йоржа звичайного, окуня та судака можуть бути використані для біоіндикації стану водойм та розробки рекомендацій стосовно збільшення чисельності та розширення ареалів вразливих аборигенних видів родини окуневих. Зазначені дані можуть також бути використані в учбовому процесі при викладанні дисциплін іхтіологічного, фізіологічного, біохімічного та екологічного змісту на факультетах природничого профілю.

Особистий внесок дисертанта. Автором дисертації особисто розроблено програму та методологію досліджень, опрацьовано літературні джерела з питань обраної проблеми, виконано експериментальні роботи. Друковані праці підготовлено безпосередньо автором, при спільному виконанні експериментів із співробітниками лабораторії біології відтворення риби Інституту гідробіології НАН України. Співвиконавці приводяться як співавтори відповідних публікацій. Автором самостійно проведено аналіз та узагальнення первинного матеріалу, сформульовано основні положення та висновки роботи, а аналіз окремих положень та написання плану викладення матеріалу в дисертації виконано разом із науковим керівником.

Апробація результатів дисертації. Основні результати, наведені в дисертації, доповідалися на 12 конференціях: V міжнародна науково-практична конференція «Сучасні проблеми теоретичної і практичної іхтіології» (Чернівці, 2012); VI Міжнародна іхтіологічна науково-практична конференція «Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології» (Тернопіль, 2013); VII Международная научная конференция «Биоразнообразие и роль животных в экосистемах» (Днепропетровск, 2013); Науково-практична конференція для молодих учених, присвячена 95-річчю НАН України «Актуальні проблеми сучасної гідроекології» (Київ, 2013); III Міжнародна конференція студентів, аспірантів і молодих учених «Фундаментальні і прикладні дослідження в біології» (Донецьк, 2014); Міжнародна конференція студентів та аспірантів «Молодь і поступ біології» (Львів, 2014); Міжнародна науково-практична дистанційна конференція «Проблеми функціонування та підвищення біопродуктивності водойм» (Дніпропетровськ, 2014); Науково-практична конференція, присвячена 75-річчю заснування Інституту гідробіології Національної академії наук України (Київ, 2015); Міжнародна науково-практична конференція для молодих учених та студентів (Житомир – 2015); Міжнародна іхтіологічна науково-практична конференція «Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології» (Херсон, 2015); VIII з'їзд Гідроекологічного товариства України (Київ, 2015).

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 19 – наукових праць, з яких 7 – у фахових виданнях, 12 – у матеріалах та тезах конференцій та з'їзду.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційну роботу викладено на 196 сторінках друкованого тексту. Вона складається із вступу, огляду фахової літератури, матеріалів та методів досліджень, 4-ох розділів власних досліджень, обговорення і узагальнення одержаних результатів, висновків і списку використаної

літератури, який налічує 349 джерел, із них 199 латиною. Текст ілюстровано 71 рисунком і 7 таблицями.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ МОРФО-ФІЗІОЛОГІЧНІ ТА ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ АДАПТАЦІЇ РИБ

Автором проведено аналіз даних, наявних у фаховій літературі, щодо дії антропогенних та абіотичних чинників на організм риб, основним наслідком чого є зменшення різноманіття та чисельності аборигенної іхтіофауни. Розглянуті основні морфологічні, фізіологічні та фізіолого-біохімічні особливості механізмів адаптації різних видів риб до впливу чинників водного середовища. Виокремлено найбільш показові фізіологічні та біохімічні показники, які використовуються в сучасних іхтіологічних та біохімічних дослідженнях риб.

Детально розглянуто характер змін активності ферментів енергетичного та фосфорного обміну, вміст макроергічних сполук у досліджених тканинах, а також участь гормонів гіпофізу, інтерренальної та щитоподібної залози у забезпеченні тканинного гомеостазу риб за різних умов існування. На підставі сказаного зазначено, що одним із пріоритетних напрямків іхтіології є дослідження нейрогуморальної та ферментативної регуляції адаптивних процесів аборигенних видів риб, зокрема представників родини окуневих, до дії різноманітних чинників водного середовища. Це дає змогу уточнити, поглибити та систематизувати існуючу інформацію стосовно адаптивних реакцій організму риб до змін екологічних умов їх існування на фізіологічному та біохімічному рівнях.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводились на Київському (с. Лебедівка), Канівському (затока Собаче гирло, біля Петрівського мосту, м. Ржищів) та Каховському водосховищах (м. Нова Каховка), озерах м. Києва (Бабине, Кирилівське), ставках Пущі-Водиці, р. Рось (Середнє Білоцерківське водосховище) та Тетерів (с. Пилява). За літературними джерелами в найбільшій мірі підлягають антропогенному навантаженню Каховське водосховище та оз. Кирилівське, у воді яких значно вищий вміст біогенних елементів, нафтопродуктів, важких металів та інших токсикантів (Щербак, Семенюк, 2010; Федоненко та ін., 2010; Мельник та ін., 2011; Романенко та ін., 2015).

Ловлю риб здійснювали неводом довжиною 20 м і розміром вічка 1 см, вудковими та спінінговими знаряддями лову за загальноприйнятими в іхтіології методами. Збір іхтіологічного матеріалу на озерах Кирилівське та Бабине в 2012 р. проводили згідно отриманого дозволу від 31.05.2012 № ДАРТ 024 на здійснення науково-дослідного безквотного лову молоді і дорослих риб, у гирловій ділянці р. Віта – за дозволом № 001. від 29.03.2012 р. на здійснення науково-дослідного лову на Канівському водосховищі, на р. Рось у 2013 р. – згідно дозволу від 29.08.2013, № 2 на здійснення науково-дослідного лову окуневих та бичкових риб на різних ділянках р. Рось.

Необхідну кількість риб (по 25–30 екз. з кожної водойми) відбирали для проведення морфометричних, морфо-фізіологічних та біохімічних досліджень. Кров

із серця отримували за допомогою пастерівської голки та гепаринізованого шприца і миттєво заморожували в рідкому азоті чи морозильній камері при -18°C . Для біохімічних досліджень, крім плазми крові, відбирали інші тканини (зябра, печінка, м'язи, гонади самок). Їх також заморожували і зберігали для подальших досліджень за температури -18°C .

Морфометричний аналіз здійснювали загальноприйнятими методами (Правдин, 1966). Вимірювання проводили за допомогою штангенциркуля. Було досліджено 19 пластичних та 6 (для йоржа 5) меристичних ознак.

Пластичні ознаки співвідносили до довжини тіла риби, а виміри на голові – до довжини голови. Порівняння середніх значень між різними вибірками проводили за t -критерієм Стьюдента. Визначення морфологічних показників – індексів внутрішніх органів (селезінки, печінки) – проводили загальноприйнятими методами (Методика морфологічних і біохімічних досліджень риб, 1972), порівнюючи масу органів з масою тіла риби. Вгодваність риб за Кларком та Фультоном встановлювали згідно загальноприйнятої методики (Яржомбек и др., 1986). Вік риби визначали за хребцями, зябровими кришками (окунь, йорж), лускою – судак (Правдин, 1966). Абсолютну плодючість визначали шляхом відбору із середньої частини гонад наважки 0,5 г та перераховуючи кількість ікринок у ній та у гонаді в цілому. Для визначення середньої плодючості з кожної водойми відбирали 10–15 екз. риб (Правдин, 1966).

На дослідних водоймах під час лову риб проводили вимір вмісту розчиненого кисню у воді методом Вінклера (Методи гідроекологічних досліджень, 2006), водневого показника (рН) за допомогою рН-метра РН-009 (1), загальної мінералізації води – ТДС-метра ІДС-2, температури – ртутним лабораторним термометром з одиницею виміру $0,1^{\circ}\text{C}$. Вміст окремих йонів, токсичних сполук у воді було взято з літературних джерел.

Модельні експерименти проводили в акваріумах об'ємом $60\text{--}80\text{ дм}^3$ або кристалізаторах ($5\text{--}10\text{ дм}^3$) на Білоцерківській експериментальній гідробіологічній станції НАН України. Як референтні токсиканти було обрано дихромат калію та фенол. Експерименти проводили з мальками та дорослими рибами. Мальки риб у кількості 50 екз. піддавали впливу дихромату калію концентрації 25, 50, 100 $\text{мг}/\text{дм}^3$, фенолу – 3, 6, 12 $\text{мг}/\text{дм}^3$ у 5-літрових кристалізаторах протягом 48 год. Крім того, досліджено життєздатність мальків судака при солоності води 4, 6, 8, 12, 16, 21‰ при поступовому або одноразовому її підвищенні протягом 96 год. При поступовому підвищенні солоності концентрації солей збільшували протягом 96 год на 1,0, 1,5, 2,0, 3,0, 4,0, 5,25‰ відповідно до заданої величини. Контролем слугувала вода з р. Рось, мінералізація якої становить близько 0,5‰. Приготування розчинів різної солоності проводили із розрахунку на 1‰: хлориди – 0,50 г, сульфати – 0,07 г, йони кальцію – 0,01 г, магнію – 0,03 г, натрію – 0,38 г, калію – 0,003 г. Співвідношення концентрації йонів відповідало воді Дніпровсько-Бузького лиману (Осадчий та ін., 2008).

Токсикологічні експерименти на дорослих особинах окуневих риб проводили у 60-літрових акваріумах з постійною аерацією води. Досліджено вплив фенолу на

риб у концентрації 0,2, 0,5, 2,0 мг/дм³, дихромату калію – 2,5; 5,0; 10,0 та 12,5 мг/дм³ протягом 96 год. Експерименти проводили з дотриманням норм біоетики.

Біохімічні дослідження здійснювалися в Інституті гідробіології НАН України. Вміст білків у печінці, м'язах, зябрах та гонадах визначали за Лоурі (Lowry et al, 1951), вміст ліпідів – з використанням стандартного комерційного набору «Загальні ліпіди» (Філісіт-Діагностика). Вміст глюкози у плазмі крові визначали глюкозооксидазним методом, використовуючи комерційні стандартні набори «Глюкоза-Ф» (Філісіт-Діагностика, Україна), вміст глікогену – прямим антроновим методом (Северина, 1989). Активність ЛДГ, лужної фосфатази встановлювали за допомогою стандартних комерційних наборів «ЛДГ» та «Лужна фосфатаза» (Філісіт-Діагностика, Україна). Активність АТФ-ази оцінювали за наростанням у реакційній суміші вмісту неорганічного фосфору, який виявляли за методом Фіске та Суббароу і перераховували на 1 мг білка (Методы биохимических исследований (липидный и энергетический обмен), 1982; Phiske and Sybarrow, 1925). Біохімічні дослідження проводили з використанням спектрофотометра СФ–26.

Вміст гормонів у плазмі крові визначали після її центрифугування протягом 15 хв при 6 тис. обертів за хв. Вміст кортизолу, пролактину, соматотропіну, тироксину та трийодтироніну визначали імуноферментним методом з використанням наборів реагентів «ДС-ІФА-Стероїд-Кортизол» «ДС-ІФА-Пролактин» (Наукове-виробниче об'єднання «Діагностичні системи», Росія), «Human Growth Hormone (hGH) ELISA» (Calbiotech, USA), «Т3-ІФА» та «Т4-ІФА» (Науково-виробнича лабораторія «Гранум», Україна) з допомогою ІФА-аналізатора RaytoRT-2100С.

Статистичну обробку матеріалу проводили за допомогою програм Excel із пакета Microsoft Office та Statistica 5.5.

МОРФОМЕТРИЧНА ТА МОРФОФІЗІОЛОГІЧНА МІНЛИВІСТЬ ОКУНЕВИХ РИБ ЗА РІЗНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ УМОВ

Кожен вид має свою фенотипічну структуру, що забезпечує його існування в конкретних умовах, але внаслідок ізольованості можлива поява міжпопуляційних відмінностей, які, перш за все, проявляються в зміні екстер'єрних показників (Кирпичников, 1987; Stolbunov, Pavlov, 2006; Баранов, 2007).

Згідно проведених досліджень було виявлено відмінності за 6 із 19 пластичними та 1 із 6 меристичними ознаками окуня з Канівського та Київського водосховищ. Між рибами, що виловлені у р. Рось та Каховському водосховищі, достовірна різниця прослідковується за 12 пластичними ознаками. Особини популяції окуня з Київського й Каховського водосховищ відрізнялися за 8 із 19 пластичними ознаками, між рибами з р. Тетерів і Київського водосховища – за 8 із 19 пластичними ознаками. Риби зі ставків Пущі-Водиці і Київського водосховища різнилися за 6 із 19 пластичними ознаками. Окунь зі ставків Пущі-Водиці і Канівського водосховища відрізнявся за 12 пластичними ознаками, а з р. Рось та Каховського водосховища – за 11 із 19 ознаками. Особини з р. Тетерів і р. Рось мали 8 пластичних і 2 меристичних відмінності фенотипічних ознак. Риби з р. Рось та ставків Пущі-Водиці були різними за 6 пластичними і 1 меристичною ознаками. Найбільш відмінними між собою за меристичними та пластичними ознаками

виявилися особини з р. Рось та Каховського водосховища, Пущі-Водиці та Канівського водосховища. Ці відмінності свідчать про те, що в умовах географічної ізоляції та за дії екологічних умов водойми окунь характеризується різними морфологічними ознаками. Цьому виду властива висока фенотипічна мінливість, яка виражається в екологічній полівалентності. Найбільш варіабельними ознаками є постдорсальна відстань, довжина голови, антидорсальна відстань, довжина першого спинного плавця.

Морфологічні дослідження йоржа з Пущі-Водиці та затоки Собаче гирло показали різницю за 1 меристичною та 7 пластичними ознаками. Вибірki риб із ставків Пущі-Водиці та р. Рось відрізнялися за 1 меристичною та 5 пластичними ознаками, із затоки Собаче гирло та р. Рось – за 2 меристичними та 8 пластичними ознаками, з Дніпра та з р. Рось – за 2 меристичними та 8 пластичними, з Пущі-Водиці та руслової ділянки р. Дніпра (м. Київ) – за 1 меристичною та 6 пластичними ознаками. Найбільш варіабельною ознакою виявилась висота тіла. Зазначені відмінності свідчать про певний рівень фенотипічної мінливості йоржа відносно впливу екологічних чинників (швидкість течії води, температурний режим та ін.) за умов географічної ізоляції. Між рибами, виловленими в русловій частині р. Дніпра та поруч розташованій затоці Собаче гирло, встановлені відмінності за 3 пластичними ознаками, що свідчить про певну репродуктивну схожість досліджуваних угруповань.

За морфометричними індексами встановлено достовірну різницю за 3 пластичними і 2 меристичними ознаками між судаками з Каховського водосховища та р. Рось, між особинами з Канівського і Каховського водосховищ – за 1 меристичною та 6 пластичними ознаками, з Київського та Канівського водосховищ – за 4 пластичними, з Київського водосховища і р. Рось – за 5 пластичними і 1 меристичною, з р. Рось та Канівського водосховища – за 5 пластичними ознаками. Несуттєві відмінності у меристичних і пластичних ознаках можуть свідчити про меншу фенотипічну мінливість судака порівняно з окунем та йоржем.

ТОКСИКОРЕЗИСТЕНТНІСТЬ ТА БІОХІМІЧНІ ВІДПОВІДІ ОКУНЕВИХ ВИДІВ РИБ НА ВПЛИВ ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН

Як чинники токсичного впливу на риб нами були обрані дихромат калію та фенол, дія яких досить широко висвітлена в токсикологічних та гідробіологічних дослідженнях (Лукьяненко, 1987; Varadarajan, 2010). Встановлено, що серед мальків досліджених нами видів судак виявляє меншу токсикорезистентність. У гострому (96 год) експерименті у нього знижується життєздатність вже за концентрації фенолу $3,0 \text{ мг/дм}^3$ та дихромату калію $25,0 \text{ мг/дм}^3$. Зі збільшенням концентрацій фенолу до 6 та 12 мг/дм^3 та дихромату калію до 50 та 100 мг/дм^3 відбувалося істотне зростання смертності судака та починає проявлятися токсичне ураження в йоржа. Окунь більш толерантний до токсичного впливу. Він виживає 32 год за дії $12,0 \text{ мг/дм}^3$ фенолу, йорж – 26,5 год, судак – 14,5 год. Це вказує на різну чутливість риб до досліджених токсикантів. Судак, а потім йорж досить вимогливі до якості води, зокрема до токсичних сполук (Цыба, 2003; Коновалов, 2004). Тому у разі збільшення антропогенного тиску існування судака буде під загрозою.

Здатність окуня пристосовуватися до надмірного токсичного впливу підтверджує його екологічну полівалентність та пластичність у мінливих екологічних умовах. Внаслідок цих властивостей окунь займає значний ареал та має здатність до його збільшення в істотно забруднених водоймах (Тропин, 2007). Йорж займає проміжне положення між судаком та окунем за чутливістю до токсичного впливу.

Фізіологічна короткочасна адаптація окуня та йоржа проявлялися і на органному рівні, зокрема в зміні індексів селезінки та печінки, в яких відбуваються еритропоез та детоксикація ксенобіотиків (Кузьминова, Салехова, 2007; Новоселева, Дорохова, 2008). Так, за дії дихромату калію та фенолу в йоржа та окуня збільшується індекс печінки та селезінки, що пов'язано зі зростанням функціональної активності цих тканин. Причому у йоржа вони зростають більш істотно, ніж у окуня, що пов'язано з екологічними особливостями цього виду та більш активною участю печінки в розвитку компенсаторних реакцій.

Енергозабезпечення активних пристосувальних процесів вимагає витрат запасів глікогену та ліпідів печінки, особливо при токсичному забрудненні водойм (Шакирова, Бактатева, 2010). Зі зростанням концентрації токсикантів відбувалося зменшення їх вмісту в органах та тканинах. В окуня та судака за дії фенолу в концентрації 0,2; 0,5 та 2,0 мг/дм³ та дихромату калію в концентрації від 2,5 до 12,5 мг/дм³ більш істотно знижується вміст глікогену в м'язах, ніж у йоржа. За дії дихромату калію в окуня та судака відмічалось зниження вмісту глікогену м'язів на 21,0–110% та на 19,2–160% відповідно залежно від його концентрації. При цьому у йоржа вміст глікогену знизився на 5,9–40,1%. При токсичному впливі відбувалися значні витрати найбільш доступної енергоємної сполуки з м'язів для забезпечення подолання негативної дії токсикантів. Крім того, нами встановлено істотне зниження вмісту білків у м'язовій тканині судака, порівняно з йоржем та окунем. В окуня та судака м'язи відіграють суттєву роль у депонуванні глікогену та білків (Федоненко та ін., 2009).

Відомо, що гормони щитоподібної залози, зокрема тироксин та трийодтиронін, регулюють активність перебігу метаболічних процесів. Їх фізіологічна роль полягає в адекватному відгуку риб на надходження токсикантів шляхом стимуляції або пригнічення окиснювальних процесів (Peter et al., 2004; Nahed, Gad, 2008). Нами було встановлено вірогідне зниження вмісту тироксину (Т4) у плазмі крові окуня та йоржа за дії фенолу в концентрації від 0,2 до 2,0 мг/дм³ (в 1,6–3,7 та 1,8–4,7 разів відповідно) і дихромату калію в концентрації 2,5–12,5 мг/дм³ (в 1,4–4,1 та 1,9–5,1 разів) (рис. 1). Це свідчить про пригнічення загальної активності протікання метаболічних процесів у відповідь на інтоксикацію тканин. Отже, риби використовують фізіологічні механізми ізоляції від навколишнього середовища через зменшення інтенсивності обмінних процесів.

Встановлено, що за дії фенолу в судака вміст тиреоїдних гормонів у плазмі крові вірогідно не змінюється, але за впливу дихромату калію спостерігався коливальний характер змін вмісту гормонів. Це пов'язано зі специфічними особливостями судака реагувати на токсичні сполуки.

Таким чином, адаптивна роль тироксину полягає в уповільненні енерговитрат та зниженні обміну речовин між зовнішнім токсичним середовищем та тканинами риби, що нами відмічалось в окуня та йоржа, але не спостерігалось в судака.

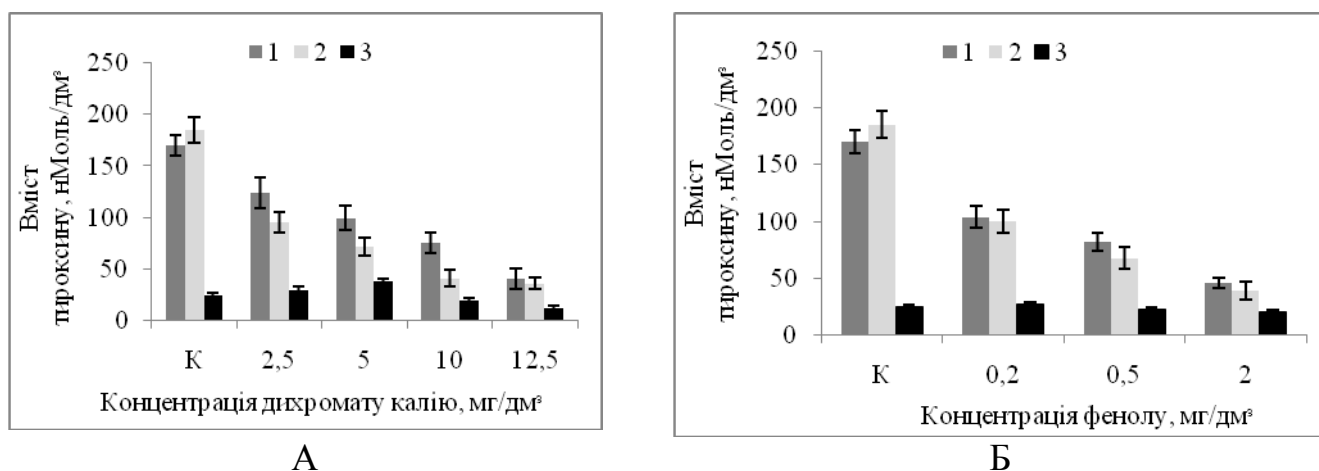


Рис. 1. Вміст тироксину у плазмі крові риби за дії дихромату калію (А) та фенолу (Б), $M \pm m$, $n=6$.

Примітки: К – контроль; 1 – окунь; 2 – йорж; 3 – судак.

Відомо, що швидке підвищення вмісту кортизолу в крові на початкових етапах адаптації обумовлює посилення опірності організму та викликає швидкі зміни фізіологічного стану у відповідь на вплив несприятливих чинників середовища (Norris, Hobbs, 2006; Sinha et al., 2012). Нами встановлено, що за дії фенолу (0,2–2,0 мг/дм³) та дихромату калію (2,5–12,5 мг/дм³) зростає вміст гормону в плазмі крові окуня у 1,6–3,2 та у йоржа – в 2,0–4,7 разів відповідно (рис. 2). Характерним є те, що вміст кортизолу в обох досліджуваних видів змінюється під дією зазначених чинників незалежно від хімічної природи токсиканта, як і у випадку з тироксином, але спрямованість цих змін має протилежний характер. Інші закономірності спостерігаються в судака. У відповідь на підвищення концентрації фенолу та дихромату калію у воді вміст кортизолу у плазмі крові цього виду знижується в 1,6–3,7 та 1,2–11,1 разів відповідно (рис.2). Це може свідчити про неспроможність судака на цьому етапі протидіяти токсичним сполукам, що підтверджує існування суттєвих видових відмінностей за рівнем можливої адаптації.

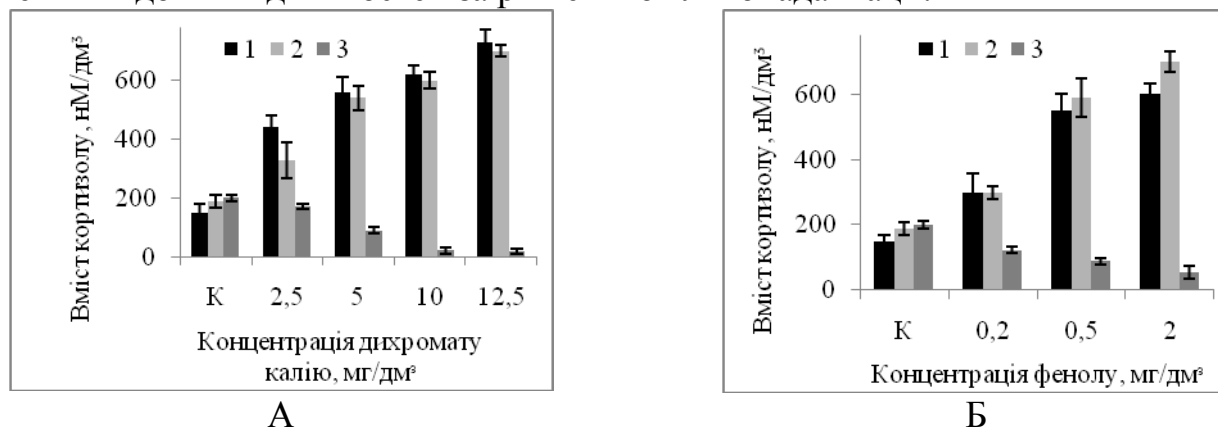


Рис. 2. Вміст кортизолу у плазмі крові окуня(1), йоржа (2) та судака (3) за дії дихромату калію (А) та фенолу (Б), $M \pm m$, $n=6$.

Примітка: К – контроль.

В активності низки ферментів також встановлено суттєві відмінності між різними видами окуневих риб. Відомо, що ЛДГ – один з ключових ферментів, який бере участь в анаеробних процесах у тканинах при виникненні екстремальних чи критичних для організму умов існування (Раперуса et al., 2000). Встановлено, що активність ЛДГ у плазмі крові окуня зростала за дії дихромату калію у концентрації 2,5–12,5 мг/дм³ на 20,0–70,0%, у йоржа – на 60,0–99,2% порівняно з контролем.

Вплив фенолу мав дещо менший ефект на активність цього ферменту, яка становила за дії токсиканта в окуня 1800–2010 МОд/дм³, у йоржа 1950–2250 МОд/дм³ проти 1500 МОд/дм³ та 1390 МОд/дм³ у контролі відповідно. У судака зазначений показник був на рівні 900–1200 МОд/дм³ за дії підвищеної концентрації дихромату калію та 1120–1390 МОд/дм³ за дії фенолу проти 800 МОд/дм³ у контрольній групі риб. Під впливом фенолу у плазмі крові судака виявлено більшу активність ЛДГ, ніж за дії дихромату калію, що свідчить про інтенсифікацію гліколізу при ураженні зазначеним токсикантом.

Крім того, у зябрах та печінці окуня за дії досліджуваних концентрацій дихромату калію відбувалося зростання активності Na, К-АТФази на 16,7–33,5% та 20,3–62,4% відповідно порівняно до контролю. Це свідчить про посилення розкладу АТФ, енергія якої витрачалась на процеси адаптації до токсичних умов. В свою чергу, у йоржа в зябрових пелюстках та печінці цей показник зростав на 51,4–63,8% та 21,4–41,9% лише за максимальних концентрацій дихромату калію. Дія фенолу сприяла зростанню активності цього ферменту за нижчої концентрації фенолу (0,5–2 мг/дм³) в усіх тканинах окуня та йоржа. Це вказує на відмінності реакції цих риб на дію токсикантів різної хімічної природи.

За концентрації дихромату калію 2,5–5,0 мг/дм³ у печінці судака та йоржа відбувалося суттєве зниження активності лужної фосфатази в 3,9–3,7 разів та у 1,3–2,1 разів відповідно. Це свідчить про послаблення процесів фосфорилування. При підвищенні його концентрації до 12,5 мг/дм³ відбувалася активна участь цього ферменту у процесах адаптації до впливу токсичного середовища, а його активність збільшувалася на 46,0–55,7% у печінці йоржа та на 27,1–47,4% у судака. У свою чергу, в зябрових пелюстках йоржа за меншої концентрації токсиканта активність ферменту зростає, а зі збільшенням його вмісту – знижується. У судака активність ЛФ у зябрах зростає в 1,5–3,6 разів зі збільшенням концентрації дихромату калію. Посилення процесів фосфорилування у зябрових пелюстках забезпечує протікання адаптивних процесів. У свою чергу в окуня за дії підвищеної концентрації дихромату калію активність ЛФ зростала у 1,4–2,4 разів, у зябрах – зменшувалась на 42,9–57,9% порівняно до контролю. Концентрація фенолу 0,5–2,0 мг/дм³ збільшувала активність ЛФ у печінці в окуня в 1,6–2,5 разів, йоржа – в 1,1–2,5 разів, судака – на 30,9–40,4%. Це вказує на відмінну норму реакції окуневих видів риб на вплив токсичних сполук різної хімічної природи.

ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ МЕТАБОЛІЗМУ ОКУНЕВИХ РИБ ІЗ РІЗНИХ ПОПУЛЯЦІЙ

Перш за все на зміни екологічних чинників у природних умовах, як і в модельних експериментах, реагують печінка та селезінка риб, які є ключовими

функціональними органами (Дзюбук, Клюкіна, 2010). Так, за зниженням вмісту розчиненого кисню до 2,3–2,9 мг/дм³ у зимовий період у судака, йоржа та окуня було встановлено зростання індексу селезінки, яке обумовлено посиленням еритропоезу. У літньо-осінній період нами спостерігалось зростання на 22,3 та 60,5% індексу печінки цих видів риб з погіршенням токсикологічної ситуації водойми, що свідчить про її залучення у процеси детоксикації. Йорж у більшій мірі реагує на органічному рівні. За несприятливих умов у нього встановлено підвищення індексів печінки та селезінки у 2,2 та 2,0 рази.

Коефіцієнт вгодованості окуневих риб у літній період у більшій мірі свідчить про якісний та кількісний склад кормової бази, ніж про силу антропогенного навантаження.

Аналіз даних стосовно вмісту глікогену, ліпідів та білків у тканинах окуневих риб вказує на те, що з погіршенням екологічних умов існування зменшується накопичення енергоємних сполук. Вони, переважно, використовуються на лінійний та масовий приріст риб і, у першу чергу, це стосується білків та ліпідів.

Нами було помічено, що в зимовий період при зниженні вмісту розчиненого у воді кисню нижче за 3,0 мг/дм³, відбувається активне використання глікогену та запасних ліпідів з печінки та м'язів для функціонування адаптивних процесів. В окуня, крім зазначених вище сполук, зменшувався (на 46,1–51,9%) вміст білків у печінці, які також залучалися у процеси адаптації, можливо, для утворення глюкози. Встановлено менш суттєве використання йоржем глікогену та ліпідів із м'язів, ніж у окуня та судака, що свідчить про міжвидові відмінності обміну речовин. Крім того, окуневі риби стають статевозрілими з кінця лютого до початку березня, в цей період частина ліпідів використовувалася для формування ооцитів.

При забрудненні водойми в судака накопичується більший вміст глікогену в білих м'язах, який може швидко витрачатися на протидію несприятливим чинникам, зокрема його вміст в 2,1 рази був вищим у риб з Каховського водосховища порівняно з рибами з Білоцерківського водосховища. Відомо, що Каховське водосховище за літературними даними найбільш екологічно неблагополучне порівняно з іншими у дніпровському каскаді (Захарченко, 2006; Федоненко та ін., 2010). Судак, як вид з активним способом життя певну, частину глікогену запасав в білих м'язах для подальшого використання його у процесі гліколізу в умовах гіпоксії та за дії інших несприятливих чинників (Лав, 1976). У той же час через більшу інтенсивність росту судака у водосховищах у його тканинах не накопичуються значні запаси ліпідів у нагульний період. Одночасно про гірші умови існування судака свідчить зниження на 25,0% вмісту білків у його печінці при одночасному підвищенні індексу селезінки та печінки (Каховське водосховище). В окуня вищий вміст глікогену відмічений у білих м'язах за більш сприятливих умов (Канівське водосховище), який переважав його значення у риб з Середнього Білоцерківського та Каховського водосховищ в 1,3–3,4 разів відповідно. У печінці окуня за цих умов вміст глікогену був відповідно на 40,1, 33,1 та 18,8% меншим, але це не пов'язано з темпами росту риб. Зниження вмісту білка в печінці окуня на 23,9–26,5% також, як і у судака, свідчить про вплив негативних чинників. Екологічні умови водойми можна охарактеризувати і за ступенем накопичення запасних

речовин у тканинах йоржа. Так, у ставках Пущі-Водиці, які характеризуються кращими показниками якості води, у його печінці збільшується вміст глікогену на 17,2%, ліпідів – на 17,5% та білків – на 18,0% порівняно з рибами з Білоцерківського водосховища. Таким чином, за загальними показниками фізіолого-біохімічного стану окуневих риб можна судити про ступінь забрудненості водойми і в нагульний період року. При цьому спостерігаються деякі відмінності у відповіді різних видів окуневих риб.

Відомо, що за впливу різних чинників навколишнього середовища змінюється не лише вміст енергетичних сполук у різних тканинах, а й плодючість риб. Це в подальшому безпосередньо впливає на успішність проходження нересту риб (Захарченко, 2004; Федоненко, Ананьєва, 2008; Федоненко, Олешко, 2005). За результатами наших досліджень встановлена найвища абсолютна плодючість в окуня та судака з Каховського водосховища, яка перевищувала на 24,2–42,9% цей показник у риб з інших водойм. Абсолютна плодючість йоржа була вищою на 16,9–19,0% у Білоцерківському водосховищі (р. Рось) порівняно з рибами руслової ділянки р. Дніпро біля Петрівського мосту (м. Київ) та ставків Пущі-Водиці, де якість води була доброю. Отже, за більш несприятливих умов нересту відмічалася вища плодючість у самок йоржа. Підвищення плодючості окуневих риб тісно пов'язане з адаптивною реакцією риб на умови існування та нересту. Причому через значну евтрофікацію та надмірний рівень органічного забруднення в період зимівлі риби втрачали енергоресурси на пристосувальні процеси. Рівень депонування глікогену та ліпідів у гонадах окуня з Каховського та Білоцерківського водосховищ знижувався на 30,0–60,1% та 20,8–28,1% відповідно порівняно з р. Тетерів та Київським водосховищем. У йоржа з Середнього Білоцерківського водосховища також відмічено зменшення вмісту глікогену та ліпідів у гонадах на 43,0% та 32,1% порівняно з рибами з ставків Пущі-Водиці. Враховуючи те, що підвищення плодючості відбувається на фоні зниження рівня накопичення енергоємних сполук, зокрема глікогену та ліпідів, то це явище можна розглядати як компенсаторний механізм відповіді на зниження якості ікри риб за непридатливих екологічних умов.

ОЦІНКА ФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ ОКУНЕВИХ РИБ ЗА ГОРМОНАЛЬНИМ ФОНОМ ТА АКТИВНІСТЮ ФЕРМЕНТІВ

Відомо, що різкі зміни зовнішніх чинників викликають у риб біохімічні реакції за типом стресу (Wang et al, 2004; Cyr, Romero, 2009). Активну участь у протидії розвитку стресу бере кортикостероїдний гормон – кортизол (Wendelaar Bonga, 1997). Його роль чітко простежується особливо в зимовий період, коли виникає явище гіпоксії. Під час зимівлі риб у водоймах, де відбулося зниження вмісту кисню у воді до 2,3–2,9 мг/дм³, нами встановлено підвищення вмісту кортизолу у плазмі крові та інших тканинах. В окуня річкового його вміст був у 3,1–6,5 разів вищим порівняно з районами, де вміст кисню перевищував 5,0 мг/дм³ (рис. 3). Аналогічна реакція на несприятливі умови зимівлі спостерігалася в йоржа та судака. Проте окунь більш адекватно реагував на вплив гіпоксії, що проявляється у більшій варіабельності цього показника порівняно з іншими видами риб. Таким чином, кортизол виконує важливу роль в адаптивних процесах окуневих риб до

гіпоксії. Підвищення його вмісту у плазмі крові супроводжувалося зменшенням вмісту глікогену в м'язах та печінці, який використовувався для забезпечення необхідних енерговитрат та протікання адаптивних процесів у цілому. Крім того, у різних тканинах зміни вмісту кортизолу суттєво відрізнялись. Це пояснюється тим, що відбувається перерозподіл між органами та тканинами енергоємних сполук на користь тих, які задіяні в процесах пристосування. Нами встановлена також достовірна різниця вмісту кортизолу в крові досліджених видів в літньо-осінній сезон. При цьому вищі показники його вмісту спостерігалися у риб з водойм з несприятливими екологічними умовами (рис. 4). Передусім, це оз. Кирилівське, яке забруднено побутовими та промисловими стоками, де в окуня та судака вміст цього гормону переважав на 25,1 та 38,2% такий у особин з досить чистих водойм (оз. Бабине та руслова ділянка р. Дніпро біля Петрівського мосту).

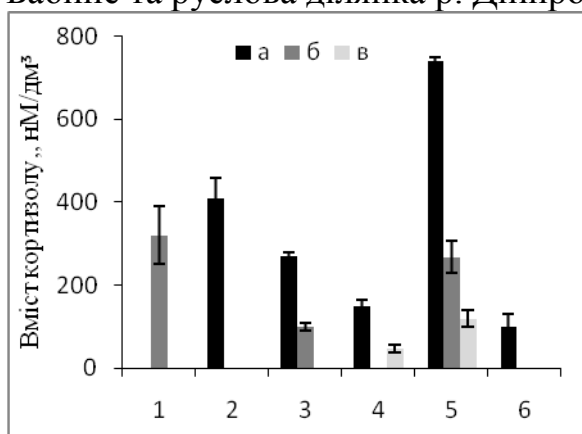


Рис. 3. Вміст кортизолу у плазмі крові окуневих риб у зимовий період, $M \pm m$, $n=6$.

Примітки: 1 – Київське водосховище; 2 – Канівське водосховище; 3 – затока Собаче гирло; 4 – ст. Пуці-Водиці; 5 – Середнє Білоцерківське водосховище (р. Рось); 6 – р. Тетерів. а – окунь, б – судак, в – йорж.

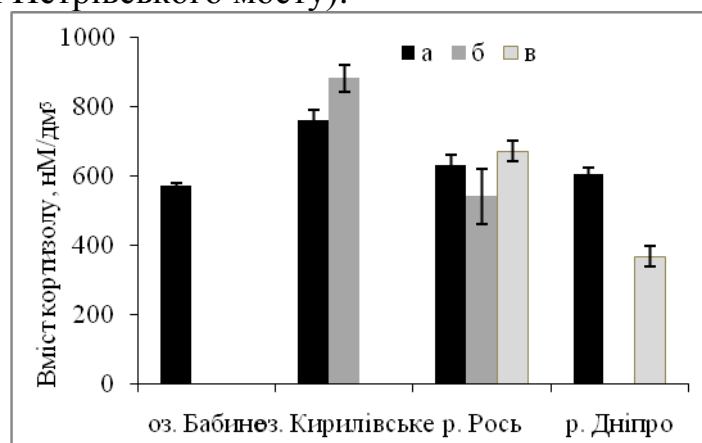


Рис. 4. Вміст кортизолу у плазмі крові риб у літній період, $M \pm m$, $n=6$.

Примітки: 1 – оз. Бабине; 2 – оз. Кирилівське; 3 – Середнє Білоцерківське водосховище (р. Рось); 4 – руслова ділянка р. Дніпро біля Петрівського мосту. а – окунь, б – судак, в – йорж.

Суттєву роль у забезпеченні пристосувальних механізмів до екологічних чинників у риб відіграють і гормони гіпофізу, зокрема соматотропін та пролактин (Саутин, 1986; McCormick, Bradshaw, 2006; Ramesh et al., 2009). Нами було встановлено, що в оз. Кирилівське та Середньому Білоцерківському водосховищі порівняно з оз. Бабине в окуня та судака зростає вміст соматотропіну у плазмі крові у 2,1 та 1,3 рази відповідно (рис. 5) та знижувався вміст пролактину у 1,5 та у 2,1 рази (рис. 6). Відомо, що в оз. Бабине, на відміну від оз. Кирилівське, якість води за багатьма показниками добра (Романенко та ін., 2015). У водосховищі на р. Рось вода за аналогічними показниками помірно забруднена (Хільчевський та ін., 2009). Тому це може вказувати на те, що гормон росту сприяє розвитку процесів адаптації риб до тривалої дії несприятливих чинників середовища, що узгоджується з точкою зору інших авторів (Miller et al., 2009). Підвищення вмісту соматотропіну, можливо, пов'язане зі значними затратами ліпідів та білків на приріст маси тіла та раннє статеве дозрівання в умовах токсичного навантаження на водойму.

Одночасно вміст пролактину в плазмі крові риб змінювався протилежно вмісту соматотропіну. Деякі автори вказують на зниження вмісту цього гормону за впливу антропогенного навантаження та при підвищенні мінералізації води (Fu et al., 1990; Vern, Madsen, 1992; Manzon, 2002). Можливою причиною зменшення вмісту пролактину в плазмі крові окуня та судака є і мінералізація води у водоймі. Так, зі зменшенням концентрації хлоридів та сульфатів у воді оз. Бабіне та Білоцерківського середнього водосховища порівняно з оз. Кирилівське (Хільчевський та ін., 2009; Романенко та ін., 2015) зростає вміст цього гормону у плазмі крові окуня та судака, оскільки пролактин бере участь в регуляції осмотичного балансу у риб.

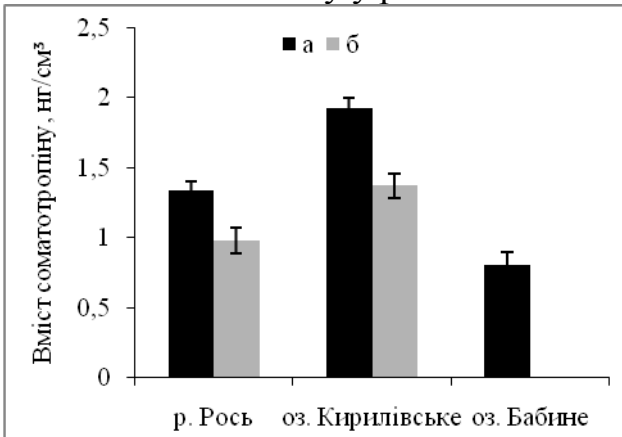


Рис.5. Вміст соматотропіну у плазмі крові риб з різних водойм, $M \pm m$, $n=6$. Примітка: а – окунь, б – судак.

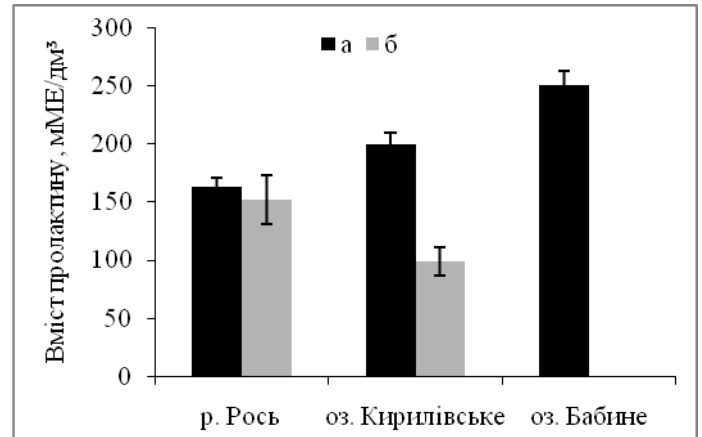


Рис. 6. Вміст пролактину у плазмі крові риб з різних водойм, $M \pm m$, $n=6$. Примітка: а – окунь, б – судак.

Гормональна система риб, як і інших тварин, нерозривно пов'язана з ферментативною активністю. Саме гормони сигналізують про необхідність активізації чи послаблення метаболічної активності (Chezhian, Senthalselvan, 2012; Arjona et al., 2011). Зі зміною гормонального фону у крові змінюється й активність більшості ферментів, зокрема досліджених нами лактатдегідрогеназу, К, Na–АТФ-ази та лужної фосфатази. Інтенсивність метаболічних процесів, у свою чергу, залежить від екологічного стану водойми.

Нами встановлено, що в зимовий період при зниженні вмісту розчиненого кисню та в літній період при надходженні у водойму токсичних сполук активізується лактатдегідрогеназа, яка задіяна у гліколізі. Це характерно для різних тканин всіх досліджених нами видів. Так, у судака та окуня з водойм (Київське, Канівське та Середнє Білоцерківське водосховища), де відмічено зниження вмісту розчиненого кисню менше $3,0 \text{ мг/дм}^3$, зростала активність ЛДГ у плазмі крові на 20,0–22,9% та 25,1–32,2% відповідно порівняно з рибами з інших водойм, які були у воді з $5,5\text{--}6,0 \text{ мг/дм}^3$ кисню (рис. 7). При цьому підвищувалася активність цього ферменту і в білих м'язах. У йоржа нами встановлено збільшення активності ЛДГ у плазмі крові, печінці та зябрових пелюстках на 14,1; 37,3 та 29,4% відповідно. У свою чергу, вірогідної різниці в активності ЛДГ у м'язовій тканині не виявлено. Зростання активності ЛДГ свідчить про пригнічення аеробних і активацію гліколітичних процесів внаслідок недостатнього забезпечення організму киснем. Йорж, на відміну від окуня та судака, є малорухливим видом, а також він

характеризується більш сповільненим метаболізмом, тому його печінка відіграє особливе значення у протіканні адаптивних процесів при гіпоксії.

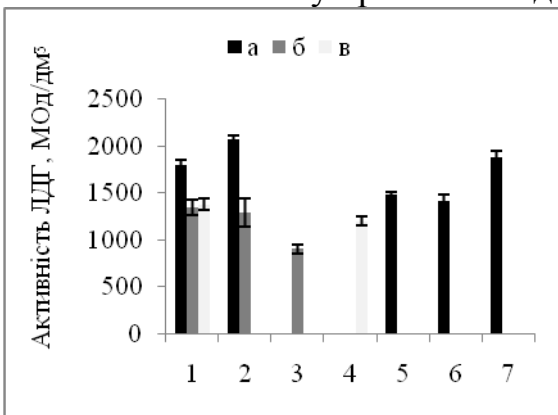


Рис. 7. Активність ЛДГ у плазмі крові риб у зимовий період, $M \pm m$, $n=6$.

Примітки: 1 – Середнє Білоцерківське водосховище (р. Рось), 2 – Київське водосховище, 3 – р. Роставиця; 4 – ст. Пуца-Водиці; 5 – затока Собаче гирло; 6 – р. Тетерів; 7 – Канівське водосховище. а – окунь, б – судак, в – йорж.

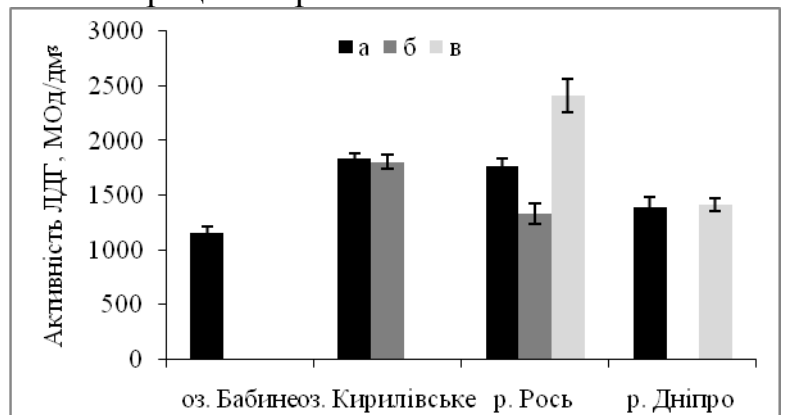


Рис. 8. Активність ЛДГ у плазмі крові окуневих риб влітку, $M \pm m$, $n=6$.

При погіршенні якості води та посиленні антропогенного навантаження також збільшується активність ЛДГ у плазмі крові риб. Так, у судака з оз. Кирилівське порівняно з Білоцерківським водосховищем цей показник був на 27,2% вищим, а у окуня з того ж озера порівняно з оз. Бабине – на 37,0% (рис. 8). Крім того, за дії інших несприятливих чинників середовища, зокрема при зміні йонного складу води та рівня її мінералізації, а також при підвищенні евтрофікації водойми активуються гліколітичні процеси в організмі риб, що, безперечно, не може не відобразитись на фізіологічних процесах. У досить чистих водоймах (оз. Бабине) в тканинах окуня переважало аеробне генерування енергії.

Нами також встановлено, що під час несприятливої зими та посилення антропогенного навантаження істотно змінюється активність АТФази. Активність цього ферменту у зябрових пелюстках у судака незалежно від кисневих умов під час зими залишається на високому рівні, оскільки ця тканина постійно задіяна в процесах дихання. Але при зниженні вмісту кисню до 2,3–2,6 мг/дм³ активність АТФази в м'язах та печінці цього виду зменшувалась на 18,6–32,5% і 16,0–26,6% відповідно (рис. 9). Це пов'язано з тим, що в риб при задовільних кисневих умовах не відбувалося пригнічення аеробних окисно-відновних процесів, активність АТФази зберігалася на високому рівні. Проте зростала активність ЛДГ. Окунь дещо по-іншому реагував на зміни кисневих умов. У зябрових пелюстках та печінці риб за дії низьких концентрацій розчиненого кисню зменшувалась активність АТФази на 13,9–34,4% та 22,5–23,9% відповідно порівняно до нормальних умов. Це пояснюється зниженням йонного обміну між зовнішнім та внутрішнім середовищем зябер та пригніченням функцій печінки за низької концентрації розчиненого кисню, а також переходом на анаеробні обмінні процеси. Окунь намагається максимально ізолюватися від несприятливих умов навколишнього середовища. У йоржа

встановлені різноспрямовані зміни активності АТФази в зябрах та печінці за дії низької концентрації кисню у воді. Різні групи риб реагують на зменшення концентрації кисню неоднаково. Очевидно в цих випадках накладається додатковий чинник, наявний у окремій водоймі. Проте в м'язах відмічено зростання активності АТФази на 12,3–36,4% за низьким вмістом розчиненого кисню. Отримані результати вказують на видоспецифічні реакції організму риб на зміни кисневого режиму.

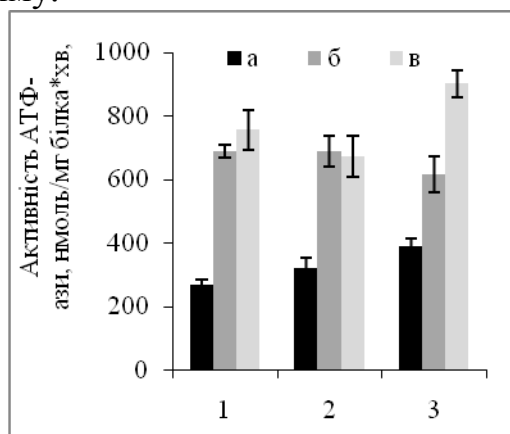


Рис. 9. Активність АТФ-ази у судака у зимовий період, $M \pm m$, $n=6$.

Примітки: 1 – Середнє Білоцерківське водосховище (р. Рось); 2 – Київське водосховище; 3 – затока Собаче гирло. а – м'язи, б – зябра, в – печінка.

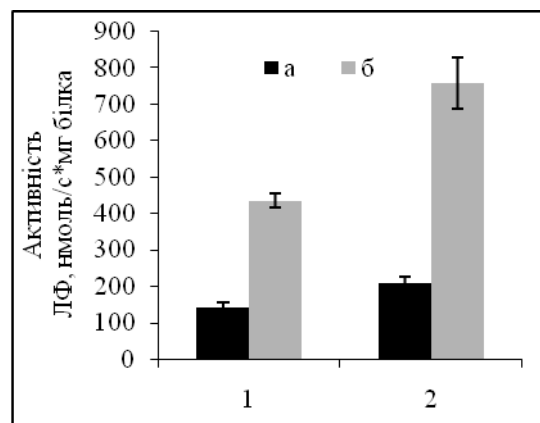


Рис. 10. Активність ЛФ у зябрових пелюстках та печінки судака влітку, $M \pm m$, $n=6$.

Примітки: 1 – Середнє Білоцерківське водосховище (р. Рось); 2 – Каховське водосховище. а – печінка, б – зябра.

Нами встановлено, що у водоймі з високим антропогенним пресом (Каховське водосховище) внаслідок посиленої евтрофікації та надходження, у судака зростала активність АТФази в зябрових пелюстках та м'язах у 1,3 та 2,1 рази відповідно порівняно з рибами з Середнього Білоцерківського водосховища, що вказує на необхідність використання енергії АТФ на протікання обмінних процесів у цих тканинах. Саме адаптаційні реакції потребують більшої енергії, яка міститься в АТФ, цим забезпечується залучення компенсаторних механізмів у пристосувальні процеси. М'язи судака в найбільшій мірі реагують на дію несприятливих екологічних умов посиленням активності АТФази. Такі істотні зміни можна пояснити видовими особливостями протікання метаболічних процесів. Відомо, що м'язи риб залучені до підтримання внутрішньотканинного гомеостазу. Крім того вони є важливим резервом енергетичних ресурсів шляхом використання білків із білих м'язів (Лав, 1976).

В окуня з Каховського водосховища також відбувалося істотне зростання активності АТФази в різних тканинах. Але це відбувалося в печінці та зябрових пелюстках риб, де активність цього ферменту вища в 1,4–2,0 разів та у 1,4–2,1 рази відповідно порівняно з рибами з досить чистих водойм (Білоцерківське водосховище, оз. Бабіне). У йоржа при погіршенні екологічних умов активізуються енергетичні процеси лише у печінці. Це підтверджується зростанням активності АТФази в цьому органі за зниженням якості води з доброї до задовільною на 29,3%. Проте в зябрових пелюстках та білих м'язах істотної різниці між досліджуваними

показниками не виявлено. Саме печінка йоржа та окуня більш адекватно відображає зміни екологічних умов, що свідчить про активний розпад АТФ для забезпечення енергією адаптивних процесів за умов антропогенного навантаження навколишнього середовища.

Таким чином, як у модельних, так і у природних умовах прослідковується видова та тканинна специфічність у змінах активності АТФази в організмі окуневих риб.

Крім того, нами було встановлено зростання активності лужної фосфатази в зябрах та печінці судака з Каховського водосховища на 34,7% та 43,7% відповідно порівняно з Білоцерківським водосховищем (рис. 10). Це обумовлює посилення процесів фосфорилування за несприятливих екологічних умов існування. Спостерігалось також зростання активності цього ферменту в печінці окуня на 46,8% при зниженні якості води. Але цей вид реагував на погіршення умов збільшенням активності ЛФ і в зябрових пелюстках в 1,4–2,0 рази. Такі суттєві зміни активності ферменту могли бути викликані несприятливими екологічними умовами, на які досить адекватно реагує окунь. Причому компенсаторні реакції риб на зміну екологічного стану водойм прослідковуються як за морфометричними, так і фізіолого-біохімічними показниками. Йорж, як і у випадку з активністю АТФази, більше реагує на зміни екологічних умов реакціями, які відбуваються у печінці. У риб з помірно забрудненої водойми (Середнє Білоцерківське водосховище) зростає активність ЛФ у цій тканині на 30,3% порівняно з йоржем руслової ділянки р. Дніпро (біля Петрівського мосту), яка характеризується доброю якістю води. Це свідчить про особливості норми реакції на діючий чинник, які характерні для цього виду.

Таким чином, отримані результати підкреслюють видову специфічність протікання адаптаційних процесів у окуневих риб за дії різних екологічних умов.

УЗАГАЛЬНЕННЯ

Результати наших досліджень свідчать про різні адаптаційні можливості окуневих риб. Передусім це стосується таких чинників, як зміна вмісту розчиненого кисню, мінералізації та температури води, а також наявність токсичних сполук у навколишньому середовищі. Зазначені чинники впливають на морфологічну, фізіологічну та біохімічну пластичність трьох представників родини окуневих – окуня річкового, йоржа звичайного та судака звичайного.

Окунь та йорж є більш стійкі до дії несприятливих чинників. Внаслідок географічної ізоляції, яка була викликана гідробудівництвом, риби, позбавлені можливості до обміну генетичним матеріалом, почали формувати нові фенотипи. Судак має найменший рівень мінливості і є більш консервативним видом.

За різних екологічних умов змінюється і репродуктивний статус різних видів риб. Саме вплив абіотичних, біотичних та антропогенних чинників визначає фізіологічну здатність риб щодо відтворення. Процес відтворення нерозривно пов'язаний із фізіологічним станом риб, зокрема їх вгодованістю, вмістом накопичених енергоємних сполук, гормональною та ферментативною системами, які забезпечують нормальне існування риб за конкретних екологічних умов. За дії несприятливих антропогенних та абіотичних чинників у досліджуваних видів риб

відбуваються зміни в репродуктивних процесах. Вони прослідковують за ступенем накопичення запасних енергоємних сполук в ікрі, її розмірами та загальною плодючістю риб. У процесі досліджень нами було виявлено, що за дії несприятливих чинників відбувається зниження депонування в ікрі запасних ліпідів, білків та глікогену і зростання кількості ікринок. Можливо, збільшення кількості ікринок компенсує її низьку якість. Це в подальшому забезпечує стратегію виживання виду за різних екологічних умов та характеризує рівень репродуктивної пластичності.

Узагальнюючи отримані нами результати, можна стверджувати, що екологічні умови суттєво впливають на протікання низки фізіологічних та метаболічних процесів у організмі окуневих риб. Наші модельні токсикологічні та натурні дослідження демонструють важливість гормональної та ферментативної систем у забезпеченні пластичності цих видів.

Судак проявляє вразливість та низький рівень опірності відносно дії несприятливих умов існування. За результатами проведених досліджень нами відмічено це як на морфометричному, так і метаболічному, зокрема гормональному рівнях. Проте, як показали наші дослідження, судак також має певний рівень пластичності, який дозволяє йому існувати у водоймах, що піддається негативному впливу антропогенних та абіотичних чинників.

Окунь відзначався високим рівнем пластичності на різних рівнях адаптації до впливу навколишнього середовища. Це, в свою чергу, вказує на широкі межі адаптивного потенціалу окуня щодо впливу негативних чинників середовища і можливість його існування в багатьох водоймах, які підлягають суттєвому антропогенному впливу. Здатність до екологічного поліморфізму окуня відмічається вже за морфометричними ознаками. Крім того, цей вид демонструє високий рівень життєздатності відносно впливу різних токсикантів. У природних умовах було встановлено, що окунь за рахунок своїх фізіологічних та метаболічних особливостей заселяє водойми з різкими перепадами кисневого режиму, з високим вмістом сполук азоту та при істотних змінах йонного складу води тощо.

Йорж, як відносно чутливий до зміни екологічних чинників вид, демонструє певний рівень пластичності відносно негативного впливу на організм. Зокрема – це особливості фізіолого-біохімічних процесів, які забезпечують йому адаптивний захист до дії на нього токсикантів різної хімічної природи та дозволяє витримувати несприятливі умови у природних популяціях. Це дає змогу йоржу активно поширюватися в межах існуючих ареалів та частково розширювати їх за рахунок особливостей та пластичності свого метаболізму.

Таким чином, розглянувши широкий спектр характеристик пристосувальних процесів різних за типом чутливості та метаболізму представників родини окуневих, нами було встановлено, що найбільші межі витривалості до зміни екологічних чинників середовища властиві окуню. Зважаючи на те, що окунь заселяє різні за екологічними характеристиками водойми, його доцільно використовувати, як модельний тест-об'єкт. Фізіологічна пластичність окуня за низкою біохімічних показників розширює наші уявлення про екологічну валентність видів, які мешкають у водоймах, що перебувають під впливом антропогенного впливу.

ВИСНОВКИ

На підставі багаторічних натурних та експериментальних досліджень встановлено, що у формуванні пластичності різних видів риб до змін екологічних умов існування важливу роль відіграють як морфо-фізіологічні ознаки, так і фізіолого-біохімічні процеси адаптації. Вони забезпечують ступінь адекватності реакції організму на зміни чинників зовнішнього середовища.

1. Встановлено, що за пластичними та меристичними ознаками окунь характеризується широкими межами екологічної пластичності (різниця в 6–11 ознаках). Судак відзначається низьким рівнем фенотипічної мінливості (3–6 ознак), йорж займає проміжне положення між двома зазначеними видами (5–8 ознак).

2. За ступенем резистентності до дії токсикантів (дихромат калію та фенол) окунь є найбільш стійким видом. Життєздатність його молоді під впливом референтних токсикантів – дихромату калію (100 мг/дм^3) та фенолу (12 мг/дм^3) – істотно вища в 1,4 та 3,1 рази і у 1,8 та 2,2 рази, ніж йоржа та судака відповідно. Судак є найбільш вразливим до дії цих токсикантів.

3. Індeksi печінки та селезінки окуневих риб вірогідно підвищуються при зниженні вмісту розчиненого кисню, посиленні евтрофікації водойм та токсичного навантаження.

4. За дії дихромату калію ($2,5\text{--}12,5 \text{ мг/дм}^3$) та фенолу ($0,2\text{--}2,0 \text{ мг/дм}^3$) зростає вміст кортизолу у плазмі крові окуня від 148 до 731 нМоль/дм^3 , у йоржа від 188 до 700 нМоль/дм^3 . Проте в судака його вміст знижується від 200 до 18 нМоль/дм^3 .

5. Під впливом дихромату калію та фенолу у всіх риб зменшується вміст тироксину від 185 до 36 нМоль/дм^3 та активізується лактатдегідрогеназа від 900 до 2250 МОд/дм^3 . Це вказувало на зниження інтенсивності перебігу окисно-відновних процесів і на посилення гліколітичних шляхів генерування енергії. В окуня та йоржа зазначені процеси відбувалися активніше, ніж у судака.

6. Зниження вмісту розчиненого кисню у воді до $2,3\text{--}2,9 \text{ мг/дм}^3$ спричиняє зменшення вмісту глікогену та ліпідів у печінці окуневих риб (від $82,1\text{--}118$ до $26,9\text{--}40 \text{ мг/г}$), які використовувались на пристосувальні процеси для забезпечення тканинного гомеостазу в умовах гіпоксії.

7. Зі зниженням вмісту розчиненого кисню до $2,3\text{--}2,9 \text{ мг/дм}^3$ зростає вміст кортизолу у плазмі крові всіх досліджуваних видів. При цьому також збільшується активність ЛДГ, що вказує на посилення процесів гліколізу.

8. У більш забрудненій водоймі (оз. Кирилівське) у порівнянні з більш чистими (Середнє Білоцерківське водосховище, оз. Бабіне) вміст соматотропіну у плазмі крові судака та окуня зростає в 2,4 рази та знижується вміст пролактину в 2,6 рази. Це свідчить про активну участь цих гормонів у розвитку компенсаторних та адаптивних реакцій у риб.

9. За погіршення екологічних умов в судака зростає активність лужної фосфатази у печінці та зябрах, К, Na-АТФази у м'язах та зябрах, в окуня – активність цих ферментів збільшується в зябрах та печінці. У йоржа вони активізувались лише у тканинах печінки. Це вказує на видоспецифічність змін активності цих ферментів.

10. За активізації фізіолого-біохімічних процесів, при адаптації риб до впливу антропогенного навантаження збільшується плодючість окуневих риб на 19,0–42,9%, що є одним з компенсаторних механізмів підтримки чисельності риб за цих умов.

11. За рівнем життєздатності, морфо-фізіологічної мінливості, активності процесів фізіолого-біохімічної адаптації до дії несприятливих чинників окунь є найбільш резистентним та екологічно пластичним видом, який здатний активно поширювати ареал розповсюдження та домінувати в іхтіоценозах. Судак звичайний характеризується більш вузькими межами адаптивних можливостей.

12. Встановлено, що найбільш адекватно відображає та характеризує фізіологічний стан окуневих риб вміст гормонів, а саме: кортизолу, трийодтироніну, тироксину, соматотропіну та пролактину. Ці показники дозволяють оцінити ступінь екологічної пластичності цих видів риб.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в фахових виданнях

1. Причепка М.В. Морфоекологічна пластичність окуневих риб за географічної ізоляції / М.В. Причепка // Науковий вісник НУБіП України. Серія Біологія, біотехнологія, екологія. – 2013. – Вип. 113. – С. 104–116.
2. Причепка М.В. Вплив екологічних чинників водного середовища на морфологічні показники судака і окуня / М.В. Причепка // Риборосподарська наука України. – 2013. – №. 4. – С. 75–86.
3. Prychepa M.V. Physiological-biochemical state of the river perch *Perca fluviatilis* under different conditions of wintering / M.V. Prychepa, O.S. Potrokhov // Hydrobiol. J. – 2014. – Vol. 50, № 5. – P. 71–77. (збір і обробка біологічного матеріалу, аналіз і узагальнення результатів досліджень, участь у написанні статті).
4. Причепка М.В. Фізіолого-біохімічний стан окуневих риб у зимовий період / М.В. Причепка, О.С. Потрохов // Гідробіол. журн. – 2014. – Т. 50, №. 5. – С. 100–108. (збір і обробка матеріалу, участь в узагальненні даних та написанні статті).
5. Причепка М.В. Метаболічна стрес-реакція в окуня *Perca fluviatilis* L. *Gimnocephalus cernua* L. за дії фенолу та біхромату калію / М.В. Причепка, О.С. Потрохов, О.Г. Зіньковський // Наук. записки Тернопільського нац. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Сер.: Біологія. – 2014. – № 2 (58). – С. 44–49. (участь у проведенні модельних експериментів, узагальнення даних та участь у написанні статті).
6. Причепка М.В. Вміст кортизолу в тканинах йоржа та судака за різних умов зимівлі / М.В. Причепка // Наук. записки Тернопільського нац. пед. ун-ту ім. В.Гнатюка. Сер.: Біологія. – 2015. – № 2–3 (64). – С. 547–550.
7. Причепка М.В. Гормональне регулювання адаптивних процесів у риб за дії абіотичних чинників / М.В. Причепка, О.С. Потрохов // Гідробіол. журн. – 2016. – Т. 51, №.1. – С. 92–107. (участь у написанні статті).

Статті та тези конференцій у інших виданнях:

8. Причепка М.В. Стійкість молоді судака *Sander lucioperca* L. до різкої зміни солоності води / М.В. Причепка // Матер. V міжнар. іхтіологічної науково-практ.

- конф. «Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології» (Україна, Чернівці, 13–16 вересня 2012 р.). – 2012. – С. 185–187.
9. Причепка М.В. Фізіолого-біохімічний стан окуня *Perca fluviatilis* L. як показник несприятливої зимівлі риб / М.В. Причепка., О.С. Потрохов // Мат. VI Міжнар. іхтіологічної наук.-практ. конф. «Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології.» (Україна, Тернопіль, 9–11 жовтня 2013 р.). – 2013. – С. 225–227. (участь у проведенні натурних досліджень, узагальненні даних та написанні матеріалів).
10. Причепка М.В. Вміст деяких гормонів у плазмі окуня та судака різних популяцій / М.В. Причепка., О.С. Потрохов // Мат. VII міжнар. наук. конф. «Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах», (Україна, Дніпропетровськ, 22–25 жовтня 2013 р.). – 2013. – С. 109–111. (участь у проведенні натурних досліджень, узагальненні даних та написанні матеріалів до конференції).
11. Причепка М.В. Оцінка фізіологічного стану природних популяцій окуневих риб за активністю лужної фосфатази та лактатдегідрогенази / М.В. Причепка, В.П. Пустовгар // Зб. мат. наук.-практ. конф., присвяченої 95-річчю НАН України. «Актуальні проблеми сучасної гідроекології» (Україна, Київ, 5–6 листопада 2013 р.). – 2013. – С. 74–75. (участь у проведенні натурних досліджень, обробці даних та написанні матеріалів).
12. Причепка М.В. Токсикорезистентність молоді окуневих до дії біхромату калію / М.В. Причепка // Молодь і поступ до біології: X Міжнар. наук. конф. студентів та аспірантів (Україна, Львів, 8–11 квітня 2014 р.). – Львів, 2014. – С. 121–122.
13. Причепка М.В. Активність лактатдегідрогенази та загальної АТФ-ази як показники екологічної пластичності окуневих риб в умовах погіршення кисневих умов / М.В. Причепка // Мат. міжнар. наук.-практ. дистанційної конференції. «Проблеми функціонування та підвищення біопродуктивності водних екосистем», (Україна, Дніпропетровськ, 24–25 квітня 2014 р.). – 2014. – С. 74–75.
14. Причепка М.В. Мінливість пластичних та меристичних показників окуня та судака з віддалених популяцій / М.В. Причепка // Мат. III міжнар. конф. студентів, аспірантів и молодих учених. «Фундаментальні та прикладні дослідження в біології» (Україна, Донецьк, 24–27 лютого 2014 р.). – 2014. – С. 119–121.
15. Причепка М.В. Фізіолого-біохімічні особливості метаболізму окуневих риб з різних популяцій / М.В. Причепка, О.С. Потрохов, О.Г. Зінковський // I Всеукр. науково-практ. конф. молодих вчених та студентів з міжнародною участю. «Сучасні проблеми викладання та наукових досліджень біології у ВНЗ України» (Україна, Дніпропетровськ, 8–9 жовтня 2014 р.). – 2014. – С. 82–85. (участь у проведенні натурних досліджень, узагальненні результатів та написанні матеріалів).
16. Причепка М.В. Вплив деяких токсикантів на показники фізіолого-біохімічного стану окуня та йоржа / М.В. Причепка, О.С. Потрохов // Мат. VII Міжнар. іхтіологічної наук.-практ. конф. «Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології» (Україна, Бердянськ-Мелітополь, 10–13 вересня 2014 р.). – 2014. – С. 201–205. (участь у проведенні модельних експериментів, узагальненні даних та написанні матеріалів).
17. Причепка М.В. Вплив стандартних токсикантів на активність лужної фосфатази та Na-K-АТФази у тканинах окуня та йоржа / М.В. Причепка, О.С. Потрохов, О.Г.

Зіньковський // Міжнар. наук-практ. конф. для молодих вчених та студентів «Біологічні дослідження» (Україна, Житомир, березень 2015 р.). – 2015 – С. 365–369. (участь у проведенні модельних експериментів, узагальненні даних та написанні матеріалів).

18. Причепка М.В. Зміна активності лужної фосфатази та Na-K-АТФази окуневих риб за різних екологічних умов існування / М.В. Причепка // Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем: збірник матеріалів науково-практ. конф., присвяченої 75-річчю заснування Інституту гідробіології Національної академії наук України «Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем» (Україна, Київ, 2–3 квітня 2015 р.). – 2015. – С. 21–22.

19. Причепка М.В. Вплив дихромату калію та фенолу на вміст деяких гормонів у плазмі крові судака звичайного *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1753) / М.В. Причепка, О.С. Потрохов // Мат. VIII міжнар. іхтіологічної науково-практ. конф. «Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології» (Україна, Херсон, 17–19 вересня 2015 р.). – 2015. – С. 158–161. (участь у проведенні модельних експериментів, узагальненні даних та написанні матеріалів конференції).

ПОДЯКА

Автор висловлює щирю вдячність науковому керівнику д.б.н., с.н.с. О.С. Потрохову; к.б.н., с.н.с. О.Г.Зіньковському; д.б.н., проф. О.М. Арсану, к.б.н., н.с. Ю.М. Худіяшу за надання цінних порад і консультацій.

Анотація

Причепка М.В. Особливості адаптації аборигенних окуневих до дії екологічних чинників водного середовища. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.10 – іхтіологія. Інститут гідробіології НАН України, Київ, 2016.

Дисертація присвячена дослідженню морфометричних, фізіологічних та біохімічних особливостей адаптації трьох представників родини окуневих: окуня *Perca fluviatilis* L., судака звичайного *Sander lucioperca* L., йоржа звичайного *Gymnocephalus cernua* L. до дії чинників антропогенного та абіотичного походження.

Встановлено, що за пластичними та меристичними ознаками досліджувані вибірки окуня, йоржа і судака відносяться до репродуктивно ізольованих популяцій. За рівнем життєздатності та нормою біохімічної реакції до дії токсикантів окунь значно переважав інші види. Судак істотно менш адекватно реагує на токсикоз.

Вперше показано особливості гормонального та ферментативного регулювання адаптивних процесів у різних видів окуневих риб за дії екологічних чинників. Встановлено, що кортизол, соматотропін, пролактин, тироксин та трийодтиронін регулюють обмінні процеси у риб при пристосуванні до дії несприятливих чинників, зокрема при токсичному навантаженні, зниженні концентрації розчиненого кисню, зміні мінералізації води та евтрофікації водойм. Окуневі риби активно залучають гліколітичний шлях генерування енергії за різних несприятливих умов, змінюють свій фізіолого-біохімічний стан. При чому, витрачаються значні резерви енергоємних речовин. В цілому, за дії екологічних чинників у окуневих риб відмічені зміни на популяційному, організменному, органному, фізіологічному та біохімічному рівнях. Окунь завжди більш адекватно реагує на діючі чинники.

Встановлено, що у водоймах, які зазнають значного антропогенного навантаження спостерігається зростання абсолютної плодючості усіх досліджуваних окуневих риб.

Ключові слова: окуневі, адаптація, екологічні умови, антропогенні чинники, гормони, ферменти, енергоємні сполуки, токсикорезистентність, пластичність.

Аннотация

Причепя Н.В. Особенности адаптации аборигенных окуневых под воздействием экологических факторов водной среды. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03..00.10 - ихтиология. Институт гидробиологии НАН Украины, Киев, 2016.

Диссертация посвящена изучению морфометрических, физиологических и биохимических особенностей адаптации трех представителей семейства окуневых: окуня речного *Perca fluviatilis* L., судака обыкновенного *Sander lucioperca* L., ерша обыкновенного *Gumnocephalus cernua* L. к воздействию на организм экологических факторов.

Было показано, что по пластическим и меристическим признакам изучаемые выборки окуня, ерша и судака являются репродуктивно изолированными популяциями. Отмечено, что с увеличением концентрации фенола с 6 до 12 мг/дм³ и бихромата калия с 50 до 100 мг/дм³ происходило существенное снижение жизнестойкости, как судака, так и ерша. Это указывает на то, что по уровню выживаемости при воздействии референтных токсикантов окунь значительно превосходил другие виды. Отмечено, что под воздействием концентрации бихромата калия 2,5–12,5 и фенола 0,2–2 мг/дм³ у ерша и окуня происходило снижение содержания тироксина и значительное повышение содержания кортизола в плазме крови рыб. В свою очередь, у судака отмечено существенное снижение кортизола и незначительные изменения в содержании тиреоидных гормонов в крови по отношению к окуню и ершу. Таким образом, отмечаются значительные видоспецифические особенности реагирования указанных рыб на токсикологическую нагрузку.

Установлено, что экологические условия существенно меняют физиологическое состояние окуневых рыб. Прежде всего это проявлялось в повышении индексов печени и селезенки, а также в уровне депонирования и использования энергоемких соединений. При ухудшении условий существования рыб, в частности при увеличении антропогенной нагрузки, эвтрофикации водоема, снижении концентрации кислорода в воде, происходит активное использование гликогена и запасных липидов из печени и мышц для энергетического обеспечения прохождения адаптивных процессов. При этом ерш использует незначительно гликоген и липиды мышц по сравнению с окунем и судаком.

Нами установлено, что при ухудшении экологических условий, в частности загрязнении воды и снижении содержания растворенного кислорода, повышается содержание кортизола в плазме крови рыб. В других тканях изменение этого показателя может отличаться, что связано с необходимостью коррекции участия конкретной ткани и органа в процессах приспособления к действующему фактору. В результате наших исследований показано, что при ухудшении качества воды происходит повышение содержания соматотропина в плазме крови в 1,3–у 2,1 раза при снижении содержания пролактина в 1,5–2,1 раза в зависимости от уровня загрязнения водоема. Это, в свою очередь, способствовало изменению активности ферментативных систем.

Токсическая нагрузка повышает активность ферментов энергетического и фосфорного обмена у окуневых рыб, что указывает на активное привлечение окуневыми рыбами процессов гликолиза и фосфорилирования. Кроме того, отмечена тканевая и видовая специфичность степени активизации этих процессов. Так, у ерша и окуня при изменении экологических условий активизируются энергетические процессы в печени, на что указывает увеличение активности К, Na–АТФ-азы в 1,4–2.0 раза. В свою очередь, при неблагоприятных условиях судак отмечено возрастание активности этого фермента лишь в мышцах.

В ходе наших исследований было установлено, что при ухудшении качества воды и под токсической нагрузкой происходит снижение уровня депонирования в икре запасных энергоемких соединений и возрастание общей плодовитости рыб. Повышение плодовитости окуневых рыб обеспечивает экологическую стратегию выживания вида под воздействием неблагоприятных факторов среды.

Таким образом, под воздействием неблагоприятных экологических факторов у окуневых рыб отмечены адаптационные реакции на популяционном, организменном, органном и физиолого-биохимическом уровнях. Окунь всегда более четко реагирует на действующие факторы.

Ключевые слова: окуневые, адаптация, экологические условия, антропогенные факторы, гормоны, ферменты, энергетические соединения, токсикорезистентность, пластичность.

Summary

Prichera M.V. Features adaptation native perch for the actions of environmental factors aquatic environment. - The manuscript.

Thesis for the degree of Candidate of Biological Sciences in speciality 03.00.10 – Ichthyology. – Institute of Hydrobiology, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2016.

The thesis is dealt with the study of morphometric, physiological and biochemical features of adaptation representatives *Percidae*: european perch *Perca fluviatilis* L., common zander *Sander lucioperca* L., common ruff *Gymnocephalus cernua* L. to action for anthropogenic and abiotic factors.

It was found that the different of plastic and meristic signs studied sample of perch, pike perch and ruffe related to reproductive isolated populations. In the levels of viability and norm biochemical reaction to the action of toxins perch prevailed much other. Pike perch significantly less adequately responds to toxemia.

Features of hormonal and enzymatic regulation of the passage of adaptive processes in different species perch fish to the action of environmental factors are first shown. It is established that cortisol, somatotropin, prolactin, thyroxine and triiodothyronine regulate metabolism in fish at adapting to unfavourable factors, including the toxic load, reducing of concentration dissolved oxygen, changing mineralization and eutrophication of water reservoirs. Perch of fish actively involve glycolytic way to generate energy under different conditions, alter their physiological and biochemical status. Moreover considerable reserves of energy substances are spent. Overall, for the actions of environmental factors in fish perch marked changes in population, organismal, organ, physiological and biochemical levels. Perch always more adequately responds to operating factors.

In the water bodies affected by significant anthropogenic pressure the increasing of absolute fecundity in all perch of fish was observed.

Keywords: perch of fish, adaptation, environmental condition, anthropogenic factors, hormones, enzymes, energy compounds, toxicological resistance, plasticity