

УДК [574.2 (597.556.39.1):331.1:121:557.151.]

М. В. Причепя, О. С. Потрохов, О. Г. Зіньковський

**ВПЛИВ РЕФЕРЕНТНИХ ТОКСИКАНТІВ НА ДЕЯКІ
БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ СУДАКА *SANDER*
*LUCIOPERCA***

Розглянуто вплив фенолу та дихромату калію на деякі біохімічні показники судака. Показано, що під їх дією вміст кортизолу у плазмі крові знижується. Досліджувані токсиканти також призводять до суттєвих змін вмісту тиреоїдних гормонів у крові, при цьому у процесах короткочасної адаптації трийодтиронін виявляв більш суттєву роль, ніж тироксин. Фенол та дихромат калію підвищують активність лактатдегідрогенази, що свідчить про посилення гліколізу. За впливу токсикантів значно знижується вміст енергоємних сполук у м'язах і печінці. Отримані результати свідчать про високу чутливість судака до токсичного навантаження.

Ключові слова: судак, токсичність, кортизол, тироксин, трийодтиронін, лактатдегідрогеназа, чутливість, біохімічні показники, метаболізм.

Водне середовище зазнає впливу різноманітних антропогенних чинників, зокрема токсикантів [8, 9]. У водоймах вони контактують з біотою і здатні накопичуватись у ґрунті, воді та гідробіонтах [3, 6]. У подальшому їх вплив проявляється у порушенні структурно-функціонального стану внутрішніх органів і тканин, характеру росту, життєздатності та репродуктивних властивостей організму, що призводить до зменшення біорізноманіття та зниження рибопродуктивності водойм [25]. Відомо, що риби як верхня трофічна ланка водних екосистем, є індикаторами забруднення, а зміна їх метаболічних показників пропорційна діючому впливу чинника. Залежність між якістю води та рівнем метаболізму, вмістом і співвідношенням гормонів і активністю ферментів дозволяє охарактеризувати як рівень антропогенного порушення водних екосистем, так і фізіолого-біохімічний статус риб [15, 27]. За біохімічними показниками можна встановити початкові етапи розвитку стресу у водних тварин незалежно від природи діючого чинника. Так, відомо, що універсальною реакцією організму на дію токсичних речовин є розвиток стрес-катаболічного синдрому, який призводить до порушення метаболічного гомеостазу [2]. Неабияку роль у цих процесах відіграє гормональна система регуляції обміну, зокрема гормони інтерренальної залози, спрямовані на пристосування організму до нетипових і навіть екстремальних умов [12, 29]. За рівнем розвитку цього синдрому на біохімічному рівні можна визначити токсикорезистентність організмів і розрізнити їх вразливі та опірні групи. Гормони щитоподібної залози, залу-

© М. В. Причепя, О. С. Потрохов, О. Г. Зіньковський, 2018

чені у регуляцію активності метаболічних процесів, спрямовані на забезпечення енергетичного балансу у післястресовий період [20, 21]. Передусім це важливо за тривалої дії несприятливого токсичного чинника [23]. Особливе значення у забезпеченні та коригуванні адаптивних процесів, особливо за ураження тканин токсичними сполуками, відіграють ферменти енергетичного/вуглеводного обміну, зокрема лактатдегідрогеназа [8, 15]. За її активністю можна визначити спрямованість енергетичного обміну. Активне функціонування гліколізу сприяє підтримці гомеостазу тканин за несприятливих умов [28]. Враховуючи вищесказане, пошук представників іхтіофауни, чутливих до токсичного навантаження, є важливим етапом у розумінні проблем токсикорезистентності, біохімічної пластичності та адаптації у цілому. Передусім заслуговують на увагу види з досить широким ареалом та доступні для проведення досліджень.

Судак звичайний — хижак-іхтіофаг, займає кінцеву ланку у трофічних ланцюгах, довгоциклічний, характеризується підвищеною чутливістю до якості води, зокрема вмісту у ній кисню і токсикантів [1, 11], тому його доцільно використовувати як модельний об'єкт при визначенні ступеня токсичності певних сполук у водоймах різного типу. Сьогодні одними із найбільш вивчених стандартних/референтних токсикантів є фенол і дихромат калію, що мають різну хімічну дію та широко використовуються у токсикологічних дослідженнях [7, 19, 24, 25, 27]. До того ж фенол поширений у природних водоймах, тому його вміст є одним із важливих чинників антропогенного навантаження [6, 8].

Метою роботи було визначення характеру токсичної дії фенолу і дихромату калію на деякі біохімічні показники судака звичайного і можливість його використання як тест-об'єкта у біомоніторингу водних екосистем.

Матеріал і методика досліджень. Дослідження проводили на Білоцерківській експериментальній гідробіологічній станції Інституту гідробіології НАН України. Риб утримували у 300-літрових бетонних басейнах. Вміст розчиненого кисню був не меншим $7,5 \text{ мг/дм}^3$, середня температура води становила 21°C , рН — 7,9. В експерименті використовували концентрацію фенолу 0,2, 0,5 і 2 мг/дм^3 , дихромату калію — 2,5, 5,0, 10,0 і $12,5 \text{ мг/дм}^3$. У басейнах щодня проводили заміну $1/3$ об'єму води. Експозиція риб у розчинах токсикантів становила 96 год. Після завершення експерименту кров із серця відбирали гепаринізованим шприцом і центрифугували для виділення плазми протягом 15 хв при 6 тис. об/хв. Плазму зберігали за температури -18°C .

Вміст кортизолу, тироксину та трийодтироніну визначали імуноферментним методом з використанням наборів реагентів «ДС-ІФА-Стероїд-Кортизол», «Т3-ІФА» та «Т4-ІФА» з допомогою ІФА-аналізатора RaytoRT-2100С. Активність лактатдегідрогенази визначали за допомогою спектрофотометра СФ—26, використовуючи стандартні комерційні набори «Лактатдегідрогеназа» (Філісіт-Діагностика, Україна). Вміст глюкози визначали глюкозооксидазним методом, використовуючи комерційні набори «Глюкоза» (Філісіт-Діагностика, Україна), глікогену — антроновим методом [5], ліпідів — за допомогою стандартного комерційного набору «Загальні ліпіди»

(Філісіт-Діагностика, Україна). Статистичну обробку проводили з використанням програми Statistica 5.5. Експеримент проводили із дотриманням всіх норм біоетики.

Результати досліджень та їх обговорення

Кортизол вважається гормоном стресу [20, 25]. Швидке зростання його вмісту у крові на початкових етапах адаптації посилює опірність організму та викликає адекватні зміни фізіологічного стану у відповідь на вплив несприятливих чинників середовища [14, 18]. Крім того, підвищення вмісту цього гормону дозволяє риbam подолати дію стрес-агента шляхом заощадження енергетичних джерел, зокрема у постстресовий період [12].

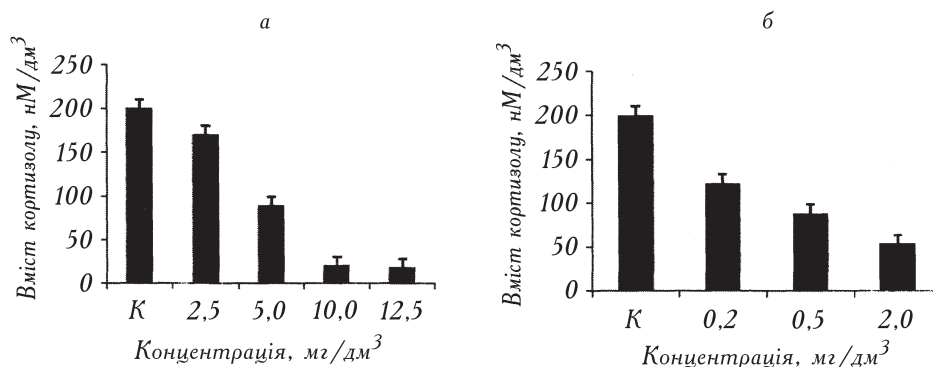
Наші дослідження показали, що за дії дихромату калію у концентрації 2,5—12,5 мг/дм³ вміст кортизолу у плазмі крові судака знижувався від 17,6% до 11,1 разу порівняно з контролем (рис. 1). Це, насамперед, свідчить про те, що при нижчих концентраціях дихромату калію через 96 год спостерігається другий етап розвитку стресу, а саме стабілізація витрат резервів організму, за вищих — третій, тобто початок виснаження організму. Таким чином, судак нездатний розвивати адекватні стрес-реакції для подолання впливу діючого чинника (див. рис. 1, а).

Схожа ситуація відмічена і за дії фенолу — вмісту кортизолу у плазмі крові за концентрацій 0,2, 0,5 і 2 мг/дм³ знижувався на 39,5%, у 2,2 і 3,7 разу. Це свідчить, що судак виявляє підвищену чутливість до дії референтних токсикантів, а його організм не може на біохімічному рівні чинити опір негативним чинникам внаслідок виснаження.

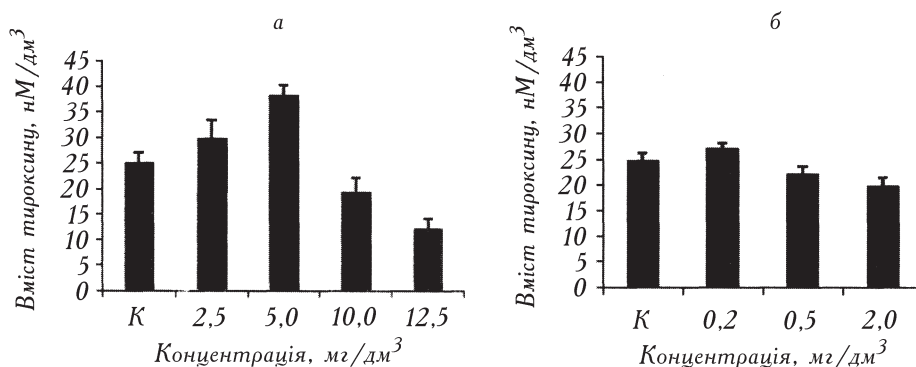
Гормони щитоподібної залози, зокрема тироксин та трийодтиронін, беруть участь у процесах, спрямованих на подолання явищ стресу [8, 9, 17, 19, 26]. За свідченням низки авторів [17, 22, 23], вони відіграють важливу роль у регуляції обміну речовин: стимуляції окиснювальних процесів та активації чи послабленні синтезу ліпідів, що виконують захисну роль організму при надходженні до тканин токсикантів [24, 27], що передусім важливо за тривалій дії несприятливого токсичного чинника.

За дії дихромату калію в концентрації 2,5 та 5,0 мг/дм³ вміст тироксину у плазмі крові судака зростав на 17,2 та 35,6% порівняно з контролем, а у концентрації 10,0 і 12,5 мг/дм³ — знижувався на 24,0 і 52,6% (рис. 2, а). Підвищення вмісту тироксину у плазмі крові збільшує енергозабезпечення компенсаторних реакцій за наявності стресу, за дії вищої концентрації токсиканту відбувались негативні явища у енергетичному обміні, що супроводжувались пригніченням активності функціонування щитоподібної залози та зниженням продукування нею тироксину.

За дії підвищеної концентрації фенолу (0,2 мг/дм³) відбувались аналогічні, проте не вірогідні ($P \geq 0,05$) зміни вмісту тироксину у плазмі крові (див. рис. 2, б). Можливою причиною меншої адаптивної здатності судака до дії різноманітних токсикантів порівняно з іншими представниками родини окуневих [4] є порушення нейрогуморальної регуляції при надмірному



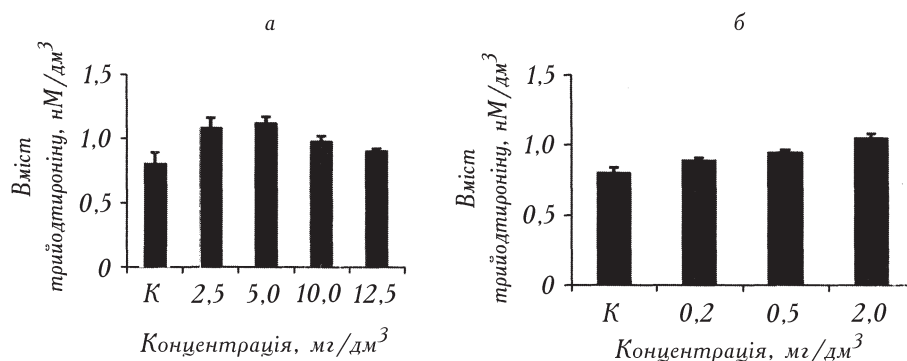
1. Вміст кортизолу у плазмі крові судака за дії дихромату калію (а) та фенолу (б). Тут і на рис. 2—7: К — контроль, $M \pm t$, $n = 6$.



2. Вміст тироксину у плазмі крові судака до дії дихромату калію (а) і фенолу (б).

впливі токсичних речовин. Дихромат калію, який спричиняє більш вагомі зміни вмісту тироксину, ніж фенол, є більш токсичним для нього. У цьому полягає специфіка реакції організму на дію токсикантів різної хімічної природи.

На підвищену концентрацію фенолу судак реагує зростанням вмісту трийодтироніну (Т3), який коливався у межах 0,8—1,05 нМоль/дм³. Відомо, що цей гормон корегує процеси споживання тканинами кисню шляхом посилення чи послаблення окисно-відновних процесів [20]. Це вказує на те, що за дії цього токсиканту щитоподібна залоза активується та утворює більшу кількість Т3. Він бере активно участь у розвитку адаптивних реакцій за дії фенолу (рис. 3), оскільки є більш активною формою тиреоїдних гормонів [17, 20]. Це підтверджується тим, що з підвищенням концентрації фенолу з 0,5 до 2,0 мг/дм³ вміст Т3 у плазмі крові зростає, одночасно вміст Т4 знижується, що вказує на взаємодоповнюючу роль цих гормонів. Саме за



3. Вміст трийодтироніну у плазмі крові судака за дії дихромату калію (а) і фенолу (б).

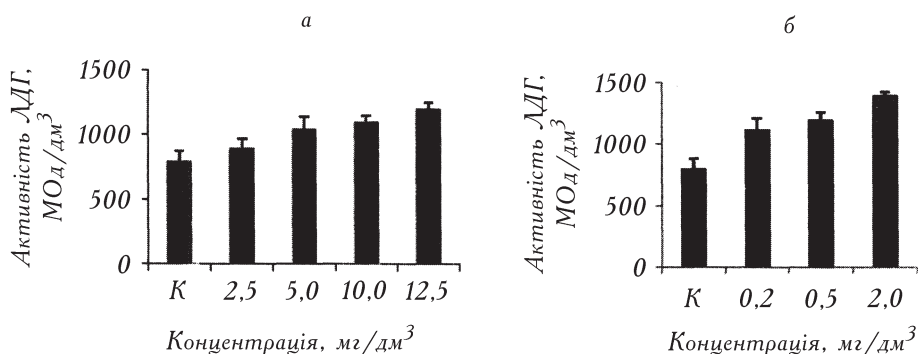
цих умов у плазму виділяється велика кількість глюкози та відбувається інтенсивна конвертація Т4 у Т3, що, скоріш за все, спрямовано на урівноваження енергетичного балансу.

Подібна реакція відмічена і за дії дихромату калію. За його концентрації 2,5—5,0 мг/дм³ вміст Т3 зростав на 26,0—29,6% порівняно з контролем, проте при 10,0—12,5 мг/дм³ він поступово знижувався, але перевищував контрольні рівні на 19,4 та 18,2% (див. рис. 2, а).

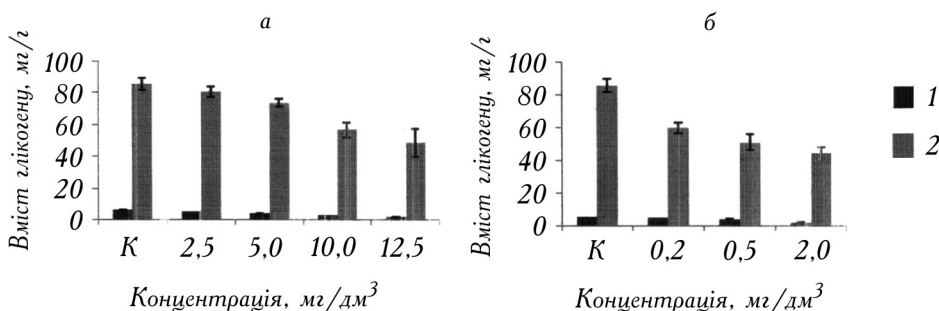
З огляду на те, що судак відноситься до оксифілів, зміни вмісту тиреоїдних гормонів свідчить про активне використання особинами цього виду окиснювальних процесів у відповідь на дію токсикантів. Зниження вмісту Т4 у плазмі крові супроводжувалось його перетворенням у Т3. Відмічені закономірності біохімічної реакції судака на несприятливі умови істотно відрізняються від реакцій таксономічно близьких представників родини окуневих, зокрема окуня і йоржа [4].

За дії фенолу і дихромату калію активність лактатдегідрогенази — ключового ферменту енергетичного обміну при нестачі кисню [8, 15] зростала відповідно до 1120—1390 і 900—1200 МОд/дм³ проти 800 МОд/дм³ у контролі. Істотно більше підвищення активності ЛДГ за дії фенолу свідчить про інтенсифікацію гліколізу при ураженні токсикантом та заощаджену витрату енергії (рис. 4).

Адаптивні реакції судака потребують значної кількості кисню для відповідного енергетичного забезпечення метаболічних процесів, що за несприятливих умов спричиняє підвищення рівня анаеробного дихання в організмі. Зростання активності ЛДГ викликає зміни вмісту енергетичних сполук. Відомо, що за дії чинників навколишнього середовища, зокрема за токсичного впливу, відбувається інтенсифікація окиснювальних процесів у тканинах з підвищеними затратами вуглеводів. Тобто, інтенсивно відбувається мобілізація глікогену із тканин для задоволення зростаючих потреб у глюкозі. В експериментах встановлено швидке зменшення вмісту глікогену у м'язах та печінці (рис. 5). За дії дихромату калію у концентрації 2,5, 5,0,



4. Активність ЛДГ у плазмі крові судака за дії дихромату калію (а) і фенолу (б).

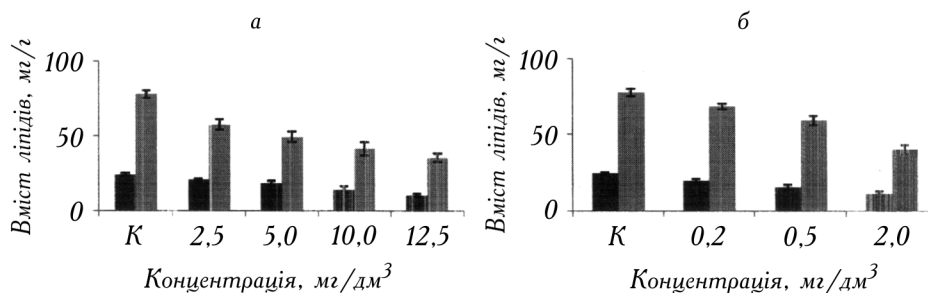


5. Вміст глікогену у тканинах судака за дії дихромату калію (а) та фенолу (б). Тут і на рис. 6: 1 — м'язи; 2 — печінка.

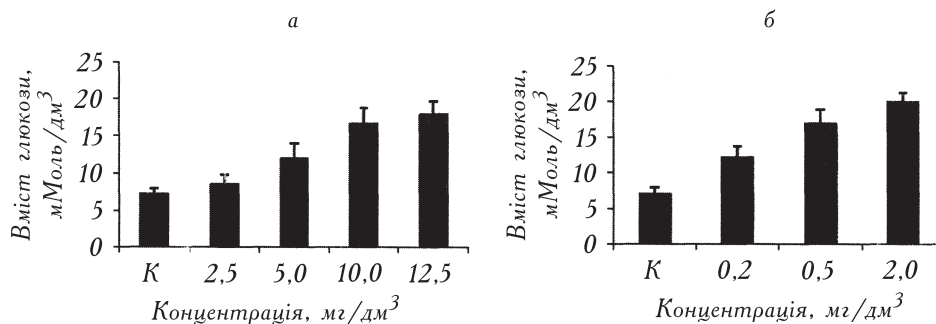
10,0 і 12,5 мг/дм³ вміст глікогену у м'язах знижувався відповідно на 19,2, 40,9%, у 2,1 і 3,6 рази порівняно з контролем, що свідчить про його активне залучення для забезпечення тканинного гомеостазу. За дії фенолу у концентрації 0,2, 0,5 і 2,0 мг/ дм³ цей показник знижувався на 17,4, 35,5 і 48,2%. Аналогічні результати були отримані за впливу фенолу та крезолу на організм мозамбікської тиліпії [8].

Слід відмітити, що з м'язової тканини використання глікогену на енергетичні потреби відбувається більш інтенсивно за дії дихромату калію, ніж фенолу, що може вказувати на специфічний вплив цих токсикантів на судака. У печінці за дії дихромату калію у концентрації 5,0—12,5 мг/дм³ вміст глікогену знижувався на 14,0—44,3%, а за дії фенолу у концентрації 0,2—2,0 мг/дм³ — на 30,9—48,2%.

Відомо, що ліпідний обмін знаходиться у тісній взаємодії з вуглеводним через цикл Кребса. При негайному енергетичному забезпеченні процесів життєдіяльності організму використовуються вуглеводи, у випадку їх недостатчості — ліпіди [6]. Зокрема, це ефективно за тривалої дії на організм не-



6. Вміст ліпідів у тканинах судака за дії дихромату калію (а) та фенолу (б).



7. Вміст глюкози у плазмі крові судака за дії дихромату калію (а) та фенолу (б).

сприятливих чинників. На відміну від інших риб, судак накопичує значну кількість жирів окрім печінки, ще й у м'язовій тканині [24]. Тому зниження вмісту загальних ліпідів зі зростанням концентрацій токсикантів може свідчити про одночасне використання ліпідів з обох тканин.

За дії дихромату калію у концентрації 5,0—12,5 мг/дм³ вміст ліпідів у печінці судака знижувався на 27,3—47,7% і у 2,1 разу, за дії фенолу у концентрації 0,2—2,0 мг/дм³ — на 13,1—49,6%. У м'язах судака фенол залежно від концентрації спричинив зниження вмісту ліпідів на 21,5—37,8% та в 2,2 разу, дихромат калію — на 14,5—42,7% та у 2,3 рази (рис. 6).

Глюкоза, як і глікоген, є легко мобілізованим енергетичним субстратом, що використовується організмом для забезпечення багатьох фізіологічних процесів, особливо в екстремальних умовах [6, 14, 16].

Відомо, що процеси детоксикації та екскреції токсикантів з організму потребують додаткових енерговитрат. У свою чергу, значне зростання вмісту глюкози у плазмі крові судака за дії референтних токсикантів, пов'язане з її неповним використанням у процесах короточасної адаптації до них. З огляду на істотне зниження вмісту кортизолу, організм судака значною мірою вичерпав свій енергетичний потенціал.

Висновки

Вплив фенолу і дихромату калію істотно змінював рівень активності метаболічних процесів у судака. Це виражалось, насамперед, у зниженні вмісту кортизолу у плазмі крові при експозиції 96 год відповідно від 200 до 54 та від 200 до 18 нМоль/дм³, що може призвести до виснаження енергетичних ресурсів організму на даному етапі внаслідок дії токсичних речовин.

За дії референтних токсикантів зміни вмісту гормонів щитоподібної залози були менш значними. Встановлено, що за дії дихромату калію та фенолу вміст тироксину знижувався від 25 до 12,1 нМоль/дм³, а трийодтироніну — зростав до 0,8—1,12 нМоль/дм³. Це вказує на різноспрямовану реакцію вмісту тиреоїдних гормонів та більш активну участь трийодтироніну у регуляції обмінних процесів. Відмічено взаємодоповнюючу роль цих гормонів, а також більш важливе значення трийодтироніну у відновленні енергетичного балансу.

Зміна гормонального фону спричинила активацію ЛДГ на 24,3—43,5%, що посилює процеси гліколізу при зростанні потреб у кисні для енергетичного забезпечення обмінних процесів за токсичного навантаження.

При токсикозі риб на тлі змін гормонального та ферментативного фону відбувалась утилізація енергоресурсів, зокрема глікогену та ліпідів, які використовувались у пристосувальних процесах.

За дослідженими біохімічними показниками можна стверджувати, що ступінь екологічної пластичності судака низький, що може позначитись на його життєздатності в антропогенно порушених водних екосистемах.

**

Рассмотрено влияние фенола и дихромата калия на некоторые биохимические показатели судака. Показано, что под их воздействием содержание кортизола в плазме крови снижается. Отмечено, что исследуемые токсиканты также приводят к существенным изменениям содержания тиреоидных гормонов в крови. При этом в процессах кратковременной адаптации трийодтиронин играл более существенную роль, чем тироксин. Влияние фенола и дихромата калия повышает активность лактатдегидрогеназы, что свидетельствует об усилении гликолиза. Под влиянием токсикантов значительно снижается содержание энергоемких соединений, в частности гликогена и липидов, в тканях мышц и печени. Полученные результаты исследований свидетельствуют о высокой чувствительности судака к токсической нагрузке.

**

Impact of phenol and potassium dichromate on several biochemical parameters of common zander was considered. It was shown that the effect of these toxicants caused reduced contents of cortisol in plasma. Impact of studied toxicants also caused changes in the content of thyroid hormones. It was shown that in the process of short-term adaptation triiodothyronine is more significant than thyroxine. The impact of investigated toxicants caused activation of lactate dehydrogenase, that contributed to the glycolytic process. It was found, that influence of toxicant caused a significant reduction of energy resources muscle tissue and liver in particular of glycogen and lipids. Based on the results of studies found excessive sensitivity of zander to the toxic load.

**

1. Булахов В.Д., Новицький Р.О., Пахомов О.С., Христов О.О. Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Круглороті (Cyclostomata). Риби (Pisces). — Дніпропетровськ: Вид-во Дніпропетр. ун-ту, 2008. — 304 с.
2. Курант В.З. Роль білкового обміну в адаптації риб до дії іонів важких металів // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біологія. — 2005. — № 3. — С. 235—238.
3. Немова Н.Н., Высоцкая Р.У. Биохимическая индикация состояния рыб. — М.: Наука. — 2004. — 225 с.
4. Причена М.В., Потрохов О.С., Зіньковський О.Г. Метаболічні стрес реакції в окуня *Perca fluviatilis* L. та йоржа *Gymnoperthalmus cernua* L. за дії фенолу та біхромату калію // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біологія. — 2014. — № 1. — С. 44—55.
5. Северин С.Е., Соловьева Г.А. Практикум по биохимии: Учеб. пособие. — М.: Изд-во МГУ, 1989. — 509 с.
6. Сергеева Н.Р., Лукьяненко В.И. Общая ихтиотоксикология. — Краснодар, 2008. — 157 с.
7. Флеров Б.А. Эколого-физиологические аспекты токсикологии пресноводных животных. — Л.: Наука, 1989. — 138 с.
8. Alexander A., Verma O.P., Mathur A. et al. Evaluation of metabolic parameters and enzymes involved in metabolic pathways in *Clarias botrachus* after exposed to phenolic compounds // Asian J. Biomed. Pharmaceut. Sci. — 2013. — Vol. 3, N 21. — P. 60—67.
9. Aly S.M., Zaki M.S., Genrity E.L. Pathological, biochemical, hematological and hormonal changes in catfish exposed to lead pollution // J. Egypt Vet. Med. Assoc. — 2012. — Vol. 63. — P. 331—342.
10. Banaee M., Ahmadi K. Sub-lethal toxicity impacts of endosulfan on some biochemical parameters of the freshwater crayfish (*Astacus leptodactylus*) // Res. J. Environ. Sci. — 2011. — Vol. 5, N 11. — P. 827—835.
11. Bolotova N.L., Konovalov A.F. Morphological analysis of zander (*Stizostedion lucioperca* L.) in Beloe lake // Verh. Internat. Verein Limnol. — 2002. — Vol. 28. — P. 1609—1612.
12. Brodeur J.C., Sherwood G., Rasmussen J.B. et al. Impaired cortisol secretion in yellow perch (*Perca flavescens*) from lakes contaminated by heavy metals: *in vivo* and *in vitro* assessment // J. Fish Aquat. Sci. — 1997. — Vol. 54. — P. 2752—2758.
13. Ganeshwade R.M., Rokade P.B., Sonwane S.R. Impact of dimethoate on protein content in the freshwater fish *Puntius ticto* (Ham.) // The Bioscan. — 2012. — Vol. 7, N 1. — P. 153—155.
14. Jentoft S., Aastweit A.H., Torjesen P.A. Effects of stress on growth, cortisol and glucose levels in non-domesticated Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) and domesticated rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Comp. Biochem. Physiol. A. — 2005. — Vol. 141, N 2. — P. 353—358.
15. Kori-Siakpere O., Ogbe M.G., Ikomi R.B. Variations in lactate dehydrogenase and creatine kinase activities in the plasma of the African catfish: *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) exposed to sublethal concentrations of potassium permanganate // An. Biol. Res. — 2011. — Vol. 2, N 2. — P. 19—25.

16. *Martinez-Porchas M., Ramos-Enriques R.* Cortisol and glucose: reliable indicators of fish stress // *Pan-Am. J. Aquat. Sci.* — 2009. — Vol. 4, N 2. — P. 158—178.
17. *Nahed S., Gad S.* Effect of environmental pollution by phenol on some physiological parameters of *Oreochromis niloticus* // *Glob. Veterinaria.* — 2008. — Vol. 2, N 3. — P. 312—319.
18. *Norris D.O., Hobbs S.L.* The HPA axis and functions of corticosteroids in fishes // *Fish Endocrinology.* — Enfield: Science Publishers, 2006. — P. 721—765.
19. *Peter V.S., Joskua E.K., Vendelaar-Bonga S.E. et al.* Metabolic and thyroidal response in air-breathing perch (*Anabas testudineus*) to water-borne kerosene // *Gen. Comp. Endocrinol.* — 2007. — Vol. 152. — P. 198—205.
20. *Peter M.C.S., Elizabeth K.L., Vijayamma J. et al.* Thyroid hormone modifies the metabolic response of air-breathing perch (*Anabas testudineus* Bloch) to nimbecidine exposure // *J. Endocrinol. Reprod.* — 2009. — Vol. 1. — P. 27—36.
21. *Peter M.C.S., Leji J., Rejitha V., Ignatius J.* Physiological responses of African catfish (*Clarias gariepinus*) to water-borne ferric iron: Effects on thyroidal, metabolic and hydromineral regulations // *Ibid.* — 2008. — Vol. 12. — P. 24—30.
22. *Peter M.C.S., Oommen O.V.* Stimulation of oxidative metabolism by thyroid hormones in propranolol alloxan-treated bony fish, *Anabas testudineus* Bloch. // *J. Exp. Zool.* — 1993. — Vol. 266, N 2. — P. 85—91.
23. *Praveena M., Kavitha N., Javyntha Rao K.* Chromium induced alterations on total ATPases in different tissues of a fresh water fish, *Labeo rohita* // *Ind. J. Appl. Res.* — 2013. — Vol. 3, N 17. — P. 50—51.
24. *Prychepa M.V., Potrokhov O.S.* Physiological and biochemical status of fishes of the fam. Percidae in winter // *Hydrobiol. J.* — 2015. — Vol. 51, N 1. — P. 90—97.
25. *Varadarajan R., Hari Sankar H.S, Jose J. et al.* Sublethal effects of phenolic compounds on biochemical, histological and ionoregulatory parameters in a tropical teleost fish *Oreochromis mossambicus* (Peters) // *Internat. J. Sci. Res. Publ. Health.* — 2008. — Vol. 4, N 3. — P. 1—12.
26. *Varghese S., Oommen O.V.* Thyroid hormones regulate lipid metabolism in a teleost *Anabas testudineus* (Bloch) // *Comp. Biochem. Physiol. B.* — 1999. — Vol. 124, N 4. — P. 445—450.
27. *Vutukuru S.S.* Acute effects of hexavalent chromium on survival, oxygen consumption, hematological parameters and some biochemical profiles of the Indian major carp, *Labeo rohita* // *Int. J. Environ. Res. Publ. Health.* — 2005. — Vol. 2, N 3. — P. 456—457.
28. *Zaki M.S., Olfar M., Shalaki F.S.* Phenol toxicity affecting hematological changes in cat fish (*Clarius lazera*) // *Life Sci. J.* — 2011. — Vol. 8, N 2. — P. 244—248.
29. *Wendelaar Bonga S.E.* The stress response in fish // *Physiol. Rev.* — 1997. — Vol. 77. — P. 591—625.