

ЕКОЛОГІЧНА ФІЗІОЛОГІЯ І БІОХІМІЯ ВОДНИХ ТВАРИН

УДК 574.24:591.1[57.02+57.04](597)

О.С. ПОТРОХОВ, д. б. н., ст. наук. співроб., зав. відділу,
Інститут гідробіології НАН України,
просп. Володимира Івасюка, 12, Київ, 04210, Україна,
e-mail: apotrokhov@gmail.com
ORCID 0000-0002-8274-6898

О.Г. ЗІНЬКОВСЬКИЙ, к. б. н., ст. наук. співроб., пров. н.с.,
Інститут гідробіології НАН України,
просп. Володимира Івасюка, 12, Київ, 04210, Україна
e-mail: olzinkovskiy@gmail.com
ORCID 0000-0003-4135-5839

Ю.М. ХУДІЯШ, к. б. н., ст. наук. співроб.,
Інститут гідробіології НАН України,
просп. Володимира Івасюка, 12, Київ, 04210, Україна
e-mail: yurahud@ukr.net,
ORCID 0000-0002-8588-0371

О.М. ВОДЯНІЦЬКИЙ, к. б. н., наук. співроб.,
Інститут гідробіології НАН України
просп. Володимира Івасюка, 12, Київ, 04210, Україна
e-mail: fishfarmeralex@ukr.net,
ORCID 0000-0002-4912-689X

ЗМІНА ГОРМОНАЛЬНОГО СТАТУСУ АБОРИГЕННИХ РИБ ЗА ДІЇ АГРОПРОМИСЛОВИХ СТОКІВ

Досліджено зміни вмісту кортизолу, трийодтироніну та тироксину у плазмі крові окуня, йоржа, краснопірки та верховодки за дії агропромислових стоків з прилеглих до водойм територій. В умовах тривалого впливу стічних вод у риб істотно знижуються масо-розмірні показники, темпи росту зменшуються. Гормональні реакції на вплив забруднених вод видоспецифічні та частково залежать від екологічної ніші, яку займає окремий вид. За хронічної дії стічних вод у більшості досліджених видів риб знижується вміст кортизолу та підвищується вміст трийодтироніну у плазмі крові порівняно до контролю. За цих умов риби, які мешкають у поверхневих шарах води, створюють депо тироксину у крові, а види, які тримаються придонних шарів води, використовують його задля підвищення вмісту трийодтироніну. Після обробки прилеглих до водойми полів пестицидами у краснопірки та йоржа спостерігається активна стрес-реакція, істотно зростає вміст кортизолу та тироксину у крові. За дослідженими показниками верховодка є найбільш витривалим до агропромислових стоків видом риб або має здатність уникати ділянок з токсичним забрудненням води.

Ц и т у в а н н я: Потрохов О.С., Зіньковський О.Г., Худіяш Ю.М., Водяніцький О.М. Зміна гормонального статусу аборигенних риб за дії агропромислових стоків. *Гідробіол. журн.* 2023. Т. 59. № 3. С. 106—116.

Ключові слова: кортизол, трийодтиронін, тироксин, стічні агропромислові води, аборигенні риби, адаптація, компенсаторні реакції.

Внаслідок інтенсивного ведення сільського господарства все більше водойм зазнає негативного впливу [9]. Змив з полів мінеральних добрив та пестицидів призводить до порушення фізіолого-біохімічного стану водних тварин. Біологічні наслідки впливу стічних вод з прилеглих до водойм територій перш за все проявляються на біохімічних, фізіологічних та морфологічних показниках організмів. Використання саме біохімічних методів для ранньої оцінки негативного впливу забруднення води надає можливість визначити межі адаптивної здатності організму та встановити якість води в цілому [16]. Для вирішення цих проблем необхідний пошук інформативних та надійних біомаркерів оцінки стану організму та якості середовища їхнього існування [2, 3, 8, 17, 23].

Гормональні системи гідробіонтів, зокрема риб, найбільш чутливі до дії різних екологічних чинників. Відомо, що стрес — це процес, який потребує енергії, і тварини мобілізують різні енергетичні субстрати, щоб його подолати. У риб активується, підвищується синтез та надходження у кров кортизолу та інших кортикостероїдних гормонів для підтримки на належному рівні порушеного гомеостазу [7, 11, 12, 14, 15]. Підвищений вміст кортизолу може бути відгуком на стресові явища, зокрема індуковані пестицидами [5], та свідчить про те, що риби перебувають у стресовому стані. При цьому вони інтенсивно використовують енергетичні ресурси. Кортизол також відіграє значну роль у відновленні гомеостазу в післястресовий період [13].

Проте значні концентрації пестицидів можуть порушити процес стероїдогенезу, тоді вміст кортизолу не підвищується [4, 26]. У риб, які тривалий час перебувають під токсичним впливом, порушується надходження у кров кортизолу та перебіг адекватних стрес-реакцій, вони стають вразливими до різноманітних захворювань, і спостерігаються летальні випадки [28].

Тиреоїдні гормони також беруть участь у процесах, спрямованих на подолання явищ стресу [6]. Вони відіграють важливу роль у регуляції обміну речовин, а саме стимуляції окислювальних процесів та активізації чи послабленні синтезу ліпідів [22], які виконують захисну функцію організму при надходженні до тканин токсикантів [19]. Це особливо важливо за тривалої дії на організм несприятливого токсичного чинника [20, 21]. За дії стресорів рівень цих гормонів знижується [10, 27]. Передбачається участь тиреоїдних гормонів у забезпеченні механізмів стійкості риб до дії стресорів [25]. Тироксин (Т4) забезпечує метаболічні адаптивні процеси, а трийодтиронін (Т3) бере участь у компенсаторно-адаптивних процесах, які дозволяють гормональній системі функціонувати на належному рівні при ураженні пестицидами [18, 24].

Метою роботи є встановлення гормональної відповіді риб на тривале забруднення водного середовища змивами з сільськогосподарських угідь та під час обробки полів різноманітними пестицидами.

Матеріал і методика досліджень

Районами для досліджень були обрані Середнє Білоцерківське водосховище (на ділянці біля дендропарку «Олександрія», вище за течію м. Біла Церква) та Фурсянське водосховище (р. Кам'янка, с. Безугляки). Середнє Білоцерківське водосховище було обрано за контроль (рис. 1).

Середнє Білоцерківське водосховище — зарегульована частина р. Рось. На досліджуваній ділянці переважно замулене дно, в окремих частинах вкрите мушлями дрейсени та піском. Вздовж берегів добре розвинена водна рослинність, зокрема повітряно-водна (рогоз широколистий, частуха, очерет). Також акваторія вкрита килимками угруповань глечиків жовтих. Прилеглі території в районі досліджень не використовуються для вирощування сільськогосподарських культур.

Фурсянське водосховище — зарегульована ділянка на р. Кам'янка. Дно піщано-мулисте, береги переважно пологі. Вздовж берегів мозаїчно розташовані угруповання макрофітів. Внаслідок малого водообміну на досліджуваній ділянці спостерігалось цвітіння синьозелених водоростей. Прилеглі території використовуються для вирощування сільськогосподарських культур, зокрема сої, кукурудзи, пшениці, та як косовиці, пасовища.

Об'єктами досліджень були краснопірка *Scardinius erythrophthalmus* (L.), верховодка *Alburnus alburnus* (L.), йорж звичайний *Gymnocephalus cernua* (L.) та окунь річковий *Perca fluviatilis* (L.). Лов здійснювали вудковим способом, використовуючи вудку з одним гачком.

Лов риб здійснювали у липні місяці за тривалої дії стічних вод з прилеглих територій та через тиждень після обробки полів пестицидами.



Рис. 1. Райони проведених досліджень: 1 — Середнє Білоцерківське водосховище (р. Рось, біля дендропарку «Олександрія»); 2 — Фурсянське водосховище (р. Кам'янка, біля с. Безугляки)

Концентрацію розчиненого кисню встановлювали за допомогою оксиметра Erede 7031, концентрацію у воді амонію, нітритів, нітратів, фосфору фосфатів — фотометра Exact dip 570.

Вимірювання маси та довжини тіла риб проводили загальноприйнятими методами [1].

Кров риб відбирали із серця. Потім шляхом центрифугування при 5 тис. обертів/хв протягом 15 хв відділяли плазму. Плазму крові заморожували при температурі -18 °С.

Вміст кортизолу, тироксину (Т4) та трийодтироніну (Т3) визначали у плазмі крові, використовуючи імуноферментний аналізатор Rayto RT-2100С і комерційні набори: кортизол — ДС-ІФА-Стероїд та (НВЛ Гранум), Т3 — ІФА та Т4 — ІФА (НВЛ Гранум).

Отримані дані обробляли статистично з використанням програм Statistica- 10, програм Excel з пакету Microsoft Office. Достовірність між досліджуваними групами оцінювали за допомогою *t*-критерію Стьюдента за рівня ймовірності $p < 0,05$.

Результати досліджень та їх обговорення

Як показали дослідження, на вивченій ділянці Середнього Білоцерківського водосховища не спостерігалось перевищення норм концентрацій сполук неорганічного азоту та фосфору фосфатів (табл. 1). В той же час у Фурсянському водосховищі спостерігалось перевищення норми за концентрацією амонійного азоту та істотно збільшилась концентрація нітрит-іонів. Це свідчить про постійний змив з полів біогенних сполук.

Розмірно-масові показники риб характеризують умови існування риб, вони відображають і екологічний стан окремої водойми. Встановлено, що йорж з контрольної ділянки мав більшу масу, ніж риби із забрудненого Фурсянського водосховища. Також окунь та краснопірка з контролю характеризувалися більшою масою тіла у 1,4 раза та довжиною тіла відповідно на 39 та 65 % порівняно до риб із забрудненого водосховища (табл. 2).

Відомо, що нейрогуморальна система риб залучена у їхніх пристосувальних процесах до змін умов середовища. Встановлено, що вміст кортизолу у плазмі крові окуневих риб з водойм, які піддаються тривалому

Таблиця 1

Хімічні показники води з Середнього Білоцерківського та Фурсянського водосховищ

Водойми	Нітрати (NO ₃ ⁻), мг N/дм ³	Нітрити (NO ₂ ⁻), мг N/дм ³	Амоній (NH ₄ ⁺), мг N/дм ³	Фосфати (P/PO ₄ ³⁺), мг P/дм ³
Середнє Білоцерківське водосховище	≤0,65—1,21	0,01—0,04	0,21—0,67	0,23—0,67
Фурсянське водосховище	<0,65	0,03—0,06	1,81—4,21	0,31—0,52

впливу аграрного комплексу, менший, ніж за умовного контролю (Середнє Білоцерківське водосховище), та не залежить від типу живлення та екологічної ніші, яку вони займають (рис. 2). Аналогічну залежність між вмістом кортизолу у крові та зростанням антропогенного навантаження виявлено і у представника коропових риб — краснопірки. Проте верховодка реагує на агропромислове забруднення підвищенням вмісту кортизолу у плазмі крові, який був більшим на 56,9 % за контрольні величини. Тривале та постійне забруднення водного середовища призвело до переходу риб переважної більшості видів на енергозощаджуючий механізм пристосування до цих умов. Постійне перебування риб у гострому стресовому стані неминуче призвело б до виснаження енергетичних ресурсів та погіршення фізіологічного стану риб.

Проте вміст кортизолу у крові риб кардинально змінюється після обробки полів пестицидами. Після тижневої давності обробки полів пестицидами у краснопірки та йоржа вміст кортизолу у плазмі крові підвищується відповідно на 42,0 та 26,4 % порівняно до контролю (рис. 3). Свіже забруднення води виявляється вагомим стресовим чинником, який викликає активну метаболічну відповідь. У верховодки хоча вміст кортизолу і знизився, але його величини наблизились до контрольних величин. У окуня ця реакція не відбувається, цей вид продовжує використовувати енергозощаджуючий механізм адаптації.

Гормони щитоподібної залози тироксин (Т4) та трийодтиронін (Т3) безпосередньо залучені у процесах регуляції енергетичного та іонного обміну.

Встановлено, що у окуня, краснопірки та верховодки при тривалому та постійному забрудненні водного середовища вміст Т3 збільшувався відповідно у 2,4, 1,5 та 2,3 рази порівняно з умовним контролем (рис. 4). У риб, які довгий час перебувають під токсичним навантаженням, виробляється своєрідний механізм адаптації до умов середовища, який полягає в особливостях енергетичного та іонного обміну, які регулюють цей гор-

Таблиця 2

Маса (г) / довжина (см) тіла риб з досліджених водойм, $n = 25-50$

Види	Водойми	
	Середнє Білоцерківське водосховище (р. Рось)	Фурсянське водосховище (р. Кам'янка)
Йорж <i>Gymnocephalus cernua</i> (L.)	$8,74 \pm 0,27$	$6,91 \pm 0,86$
	$9,5 \pm 0,2$	$8,8 \pm 0,3$
Окунь <i>Perca fluviatilis</i> (L.)	$31,14 \pm 4,61$	$22,41 \pm 6,89$
	$14,3 \pm 0,7$	$12,7 \pm 1,8$
Верховодка <i>Alburnus alburnus</i> (L.)	$9,18 \pm 0,60$	$12,09 \pm 0,50$
	$10,9 \pm 0,2$	$11,5 \pm 0,3$
Краснопірка <i>Scardinius erythrophthalmus</i> (L.)	$17,00 \pm 2,28$	$10,31 \pm 0,45$
	$11,7 \pm 0,5$	$8,1 \pm 0,3$

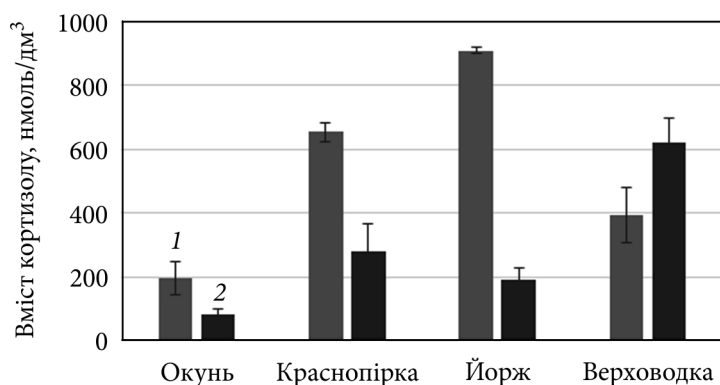


Рис. 2. Вміст кортизолу у плазмі крові риб із різних водойм. Тут і на рис. 3—7: 1 — Білоцерківське водосховище; 2 — Фурсянське водосховище; $M \pm m$, $n = 6-10$

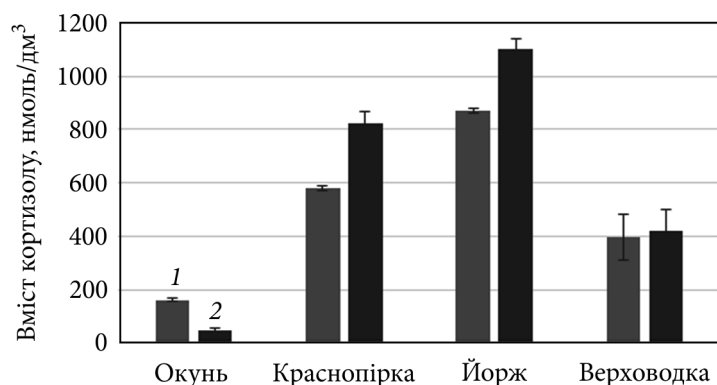


Рис. 3. Вміст кортизолу у плазмі крові риб з різних водойм після обробки полів пестицидами тижневої давності (Фурсянське водосховище)

мон у риб. Вірогідно, умови цього водосховища на час проведення відбору риб не досить сприятливі для цих видів, риби не змогли повністю адаптуватись до умов, що склалися. Причому, краснопірка та верховодка, які тримаються поверхневих шарів води, та окунь, який мешкає у придонних шарах води, реагують на тривале забруднення води однаково. Проте йорж, який є придонним видом, не реагує на забруднення води з прилеглих територій зміною вмісту трийодтироніну.

Після недавньої обробки пестицидами прилеглої території водойми досліджені види риб поділились на дві групи за змінами вмісту ТЗ: перша — види, які починають заощаджувати енергетичні ресурси та, вірогідно, знижують активність осмотичного обміну (окунь, верховодка), друга — підвищує вміст трийодтироніну (рис. 5). У краснопірки цей показник збільшився на 36,1 % порівняно до контролю та на 24,8 % порівняно до попередньої величини за тривалого впливу. Це призводить до активації

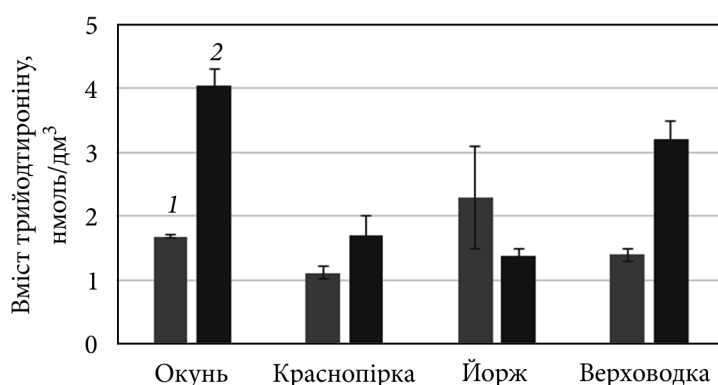


Рис. 4. Вміст Т3 у крові риб з досліджених водойм

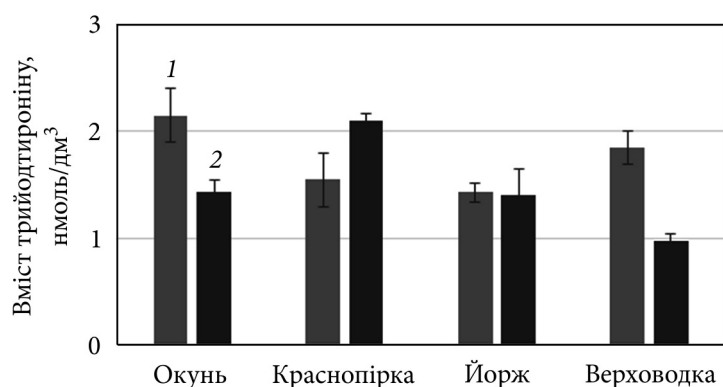


Рис. 5. Вміст трийодтироніну у плазмі крові риб з різних водойм після обробки полів пестицидами тижневої давності (Фурсянське водосховище)

енергетичного обміну задля подолання стресових явищ. У йоржа цей показник залишався на рівні контрольних величин.

За хронічного впливу стічних вод у окуня та йоржа відбувалось зниження вмісту Т4 у плазмі крові порівняно до умовного контролю. В умовах тривалого стресу тироксин частково перетворюється у більш активну форму Т3, що може призводити до зменшення його кількості у крові (рис. 5). Саме це спостерігається за нашими даними. Проте, у краснопірки та верховодки рівень Т4 збільшувався у риб із забруднених водойм відповідно у 2,2 та 1,5 раза порівняно до контролю. Тобто у цих риб створювалось депо тиреоїдних гормонів, які необхідні для подолання можливого швидкого погіршення токсикологічної ситуації у водоймі.

Після обробки пестицидами територій, прилеглих до водойми, у всіх досліджуваних видів риб, за винятком окуня, істотно збільшується вміст тироксину у плазмі крові (рис. 7). Це є компенсаторною реакцією на швидке погіршення умов існування. Причому у більшій мірі підвищення вмісту цього гормону спостерігається у краснопірки, яка існує в поверх-

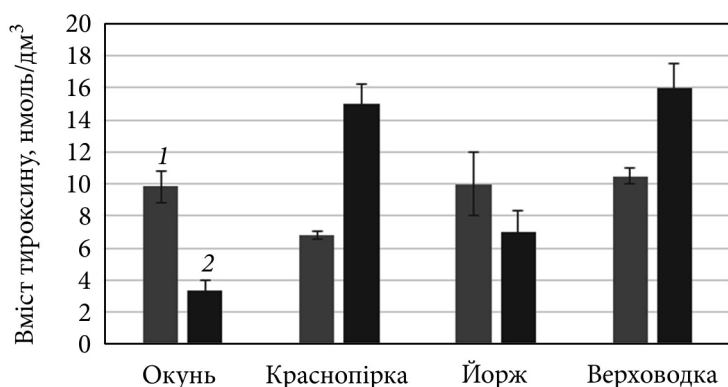


Рис. 6. Вміст тироксину у крові риб з досліджених водойм

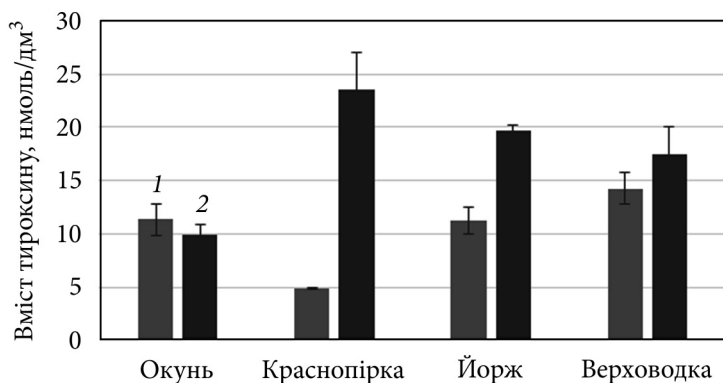


Рис. 7. Вміст тироксину у плазмі крові риб з різних водойм після обробки полів пестицидами тижневої давності (Фурсянське водосховище)

невих шарах води, в меншій — у йоржа, який мешкає в товщі води та придонних шарах водойми. Підвищення вмісту Т4 на 22,8 % порівняно до контролю спостерігалось і у верховодки, яка виявилась більш стійкою до дії стічних вод з прилеглих агропромислових територій. У окуня хоча і відбулося підвищення вмісту тироксину у крові, але його величина не досягла контрольних значень. Вірогідно, цей вид має здатність уникати стічних вод з полів, які містять у своєму складі біогенні сполуки та розчинені пестициди.

Висновки

Гормональні реакції риб на агропромислові стоки мають видоспецифічний характер та залежать від термінів обробки прилеглих до водойми територій пестицидами.

За хронічної дії стічних вод у переважної більшості досліджених видів риб вміст кортизолу у плазмі знижений порівняно до контролю. Винятком є верховодка, у якої величина цього показника істотно (на

56,9 %) перевищує контрольні величини. Після обробки прилеглих полів пестицидами у краснопірки та йоржа істотно зростає вміст кортизолу у крові, спостерігається активна стрес-реакція. Окунь не реагує за цим показником на зміни умов середовища, а верховодка, навпаки, зменшує вміст кортизолу.

За хронічного впливу агропромислових стоків у більшості досліджених видів риб спостерігається підвищений вміст трийодтироніну у плазмі крові. Цей гормон риби активно застосовують для створення компенсаторних реакцій на рівні енергетичного та іонного обміну. Після обробки полів пестицидами тільки краснопірка продовжує застосовувати цей механізм, окунь та верховодка, навпаки, знижують вміст трийодтироніну у крові порівняно до контролю. Вірогідно, вони переходять на інший шлях метаболізму та дещо знижують іонний обмін з оточуючим середовищем. За цим показником йорж не реагує на агропромислові стоки, вміст трийодтироніну знаходиться на рівні контрольних величин.

Риби, які мешкають у поверхневим шарах водної товщі (краснопірка, верховодка), створюють депо менш активного тиреоїдного гормону — тироксину у плазмі крові задля швидкого подолання істотних змін в оточуючому середовищі. Придонні види риб (окунь та йорж), навпаки, активно використовують тироксин в адаптаційних процесах до хронічного впливу агропромислових стоків, цей гормон перетворюється у більш активну форму — трийодтиронін. Після обробки полів пестицидами у всіх досліджених видів риб підвищується вміст тироксину у плазмі крові, хоча і у різній ступені.

Список використаної літератури

1. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. Москва : Пищ. пром-сть, 1966. 376 с.
2. Чеснокова И.И. Биомаркеры черноморских рыб как показатели экологического состояния среды их обитания : автореф дис. ... канд. биол. наук. Севастополь. 2017. 22 с.
3. Adams S.M. Assessing cause and effect of multiple stressors on marine systems. *Marine Poll. Bull.* 2005. Vol. 51, N 8—12. P. 649—657.
4. Amit A., Verma O.P., Mathur A. et al. Evaluation of Changes in Metabolic parameters and Enzymes Involved in Metabolic Pathways in *Clarias batrachus* after Exposure to Phenolic Compounds. *Asian J. Biomed. Pharmaceut. Sci.* 2014. Vol. 3, N 21. P. 60—67.
5. Borges A., Scotti L.V., Siqueira D.R. et al. Changes in hematological and serum biochemical values in jundiá *Rhamdia quelen* due to sub-lethal toxicity of cypermethrin. *Chemosphere.* 2007. Vol. 69. P. 920—926.
6. Brar N.K., Waggoner C., Reyes J.A. et al. Evidence for thyroid endocrine disruption in wild fish in San Francisco Bay, California, USA Relationships to contaminant exposures. *Aqua Toxicol.* 2010. Vol. 96, N 3. P. 203—215.
7. Gagnon A., Jumarie C., Hontela A. Effects of Cu on plasma cortisol and cortisol secretion by adrenocortical cells of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Ibid.* 2006. Vol. 78. P. 59—65.
8. Galloway T. Biomarkers in environmental and human health risk assessment. *Marine Poll. Bull.* 2006. Vol. 53. P. 606—613.
9. Huma Z., Harris N.R., Merrett G.V. et al. The impact of agricultural activities on water quality: A case for collaborative catchment-scale management using integrated wireless sensor networks. *Computers and Electronics in Agriculture.* 2013. Vol. 96. P. 126—138.

10. Joseph B., Raj J.S. Impact of pesticide toxicity on selected biomarkers in fishes. *Intern. J. Zool Res.* 2011. Vol. 7, N 2. P. 212—222.
11. Kakuta I. Interrenal stress responsiveness of marbled sole, *Pleuronectes yokohamae*, inhabiting Tokyo Bay. *Environ. Toxicol.* 2002. Vol. 17. P. 1—6.
12. Laflamme J., Couillard Y., Campbell P.G.C., Hontela A. Interrenal metallothionein and cortisol secretion in relation to Cd, Cu, and Zn exposure in yellow perch, *Perca flavescens*, from Abitibi lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 2000. Vol. 57. P. 1672—1700.
13. Martinez-Porchas M., Ramos-Enriques R. Cortisol and glucose: relabeling indicators of fish stress. *Pan-American J. Aquatic Sci.* 2009. Vol. 4, N 2. P. 158—178.
14. Matthiessen P., Wheeler J.R., Weltje L. A review of the evidence for endocrine disrupting effects of current-use chemicals on wildlife populations. *Critical Rev. Toxicology.* 2018. Vol. 48, N 3. P. 195—216.
15. Miller L.L., Rasmussen J.B., Palace V.P., Hontela A. The physiological stress response and oxidative stress biomarkers in rainbow trout and brook trout from selenium-impacted streams in a coal mining region. *J. Appl. Toxicol.* 2009. Vol. 29. P. 681—688.
16. Monfared A.L., Salati A.P. Histomorphometric and biochemical studies on the liver of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after exposure to sublethal concentrations of phenol. *Toxicol. Industrial Health.* 2016. Vol. 29, N 9. P. 856—861.
17. Naushad A.S.S., Tiwari K.B., Singh P. Biochemical variations among some species of pond fishes. *Global J. Biology, Agriculture & Health Sci.* 2013. Vol. 2, N 2. P. 1—6.
18. Peter M.C.S., Anand S.B., Peter V.S. Stress tolerance in fenvalerate-exposed air-breathing perch: Thyroidal and ionoregulatory responses. *Proc. Indian Environ. Congress.* 2004. P. 294—298.
19. 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.
20. Peter V.S., Joskua E.K., Vendelaar-Bonga S.E. et al. Metabolic and thyroidal response in air-breathing perch (*Anabus testudineus*) to water-borne kerosene. *Gen. Comp. Endocrinol.* 2007. Vol. 152. P. 198—205.
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. *J. Endocrinol. Reprod.* 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. Rudneva I.I., Skuratovskaya E.N., Chesnokova I.I. et al. Biomarker response of Black Sea Scorpion Fish *Scorpaena porcusto* Anthropogenic Impact. *Advances in Marine Biology* / Eds: A. Kovács, P. Nagy. Nova Science Publ. 2016. Vol. 1, ch. 5. P. 119—147.
24. Scotta G.R., Sloman K.A. The effects of environmental pollutants on complex fish behavior: integrating behavioral and physiological indicators of toxicity. *Aquat. Toxicol.* 2004. Vol. 68. P. 369—392.
25. Subhash P.C., Elizabeth J.K., Rejitha V., Peter V.S. 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.
26. Varadarajan R., Sankar H. S., Jose J., Philip B. Sublethal effects of phenolic compounds on biochemical, histological and ionoregulatory parameters in atropical teleost fish *Oreochromis mossambicus* (Peters). *Intern. J. Sci. Res. Publ.* 2014. Vol. 4, N 3. P. 1—12.
27. Xu Y., Zang J., Schramm K.M., Kettrup A. Endocrine effects of sublethal exposure to persistent organic pollutants (POPs) on silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). *Environ. Pollut.* 2002. Vol. 10. P. 683—690.
28. Zaki M.S., Fawzi O.M., Refat A. Youssef. Biochemical and clinicopathological studies in common carp (*Cyprinus carpio*, L.) fish exposed to pollution by heavy metals. *Intern. J. PharmTech. Res.* 2016. Vol. 9, N 12. P. 838—842.

Надійшла 20.01.2023

O. Potrokhov, Dr. Sci. (Biol.), Senior Researcher,
Institute of Hydrobiology NAS Ukraine,
Volodymyra Ivasyuka prosp., 12, 04210, Ukraine, Kyiv
e-mail: apotrokhov@gmail.com
ORCID 0000-0002-8274-6898

O. Zinkovskyi, PhD. (Biol.), Senior Researcher,
Institute of Hydrobiology NAS Ukraine,
Volodymyra Ivasyuka prosp., 12, 04210, Ukraine, Kyiv
e-mail: olzinkovskyi@gmail.com,
ORCID 0000-0003-4135-5839

Yu. Khudiiash, PhD (Biol.),
Institute of Hydrobiology NAS Ukraine,
Volodymyra Ivasyuka prosp., 12, 04210, Ukraine, Kyiv
e-mail: yurahud@ukr.net,
ORCID 0000-0002-8588-0371

O. Vodianitskyi, PhD (Biol.),
Institute of Hydrobiology NAS Ukraine,
Volodymyra Ivasyuka prosp., 12, 04210, Ukraine, Kyiv
e-mail: fishfarmeralex@ukr.net

CHANGES IN THE HORMONAL STATUS OF ABORIGINAL FISH UNDER THE ACTION OF AGRICULTURAL WASTEWATER

Changes in the content of cortisol, triiodothyronine, and thyroxine in the blood plasma of perch, ruff, rudd and bleak walleye due to the effects of agro-industrial runoff from nearby territories into the water were studied. In the conditions of long-term exposure to wastewater, the weight and size indicators of fish are significantly reduced, the growth rates are reduced. Hormonal responses to exposure to polluted waters are species-specific and partly depend on the ecological niche occupied by a particular species. Under the chronic effect of wastewater, the cortisol content decreases and the triiodothyronine content in the blood plasma increases compared to the control. Under these conditions, fish that live in the surface layers of water create a depot of thyroxine in the blood, and species that stick to the bottom layers of water use it to increase the content of triiodothyronine. After treatment of the fields adjacent to the reservoir with pesticides, the ruff and rudd have an active stress reaction, the cortisol and thyroxine content in the blood increases significantly. According to the researched indicators, the bleak is the most resistant type of fish to agro-industrial effluents or has the ability to avoid toxic water pollution.

Keywords: *cortisol, triiodothyronine, thyroxine, agro-industrial wastewater, aboriginal fish, adaptation, reaction compensators.*