

# ПРИРОДНИЧІ НАУКИ

УДК 569.554.4:639.321.97

**О. В. Федоненко,**  
доктор біологічних наук, професор;  
**Т. В. Ананьєва,**  
кандидат біологічних наук;  
**Т. С. Шарамок,**  
доцент; кандидат сільсько-господарських наук, доцент  
(Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара)  
hydro-dnu@mail.ru

## ДО ПИТАННЯ БІОХІМІЧНОЇ ІНДИКАЦІЇ СТАНУ ПРОМИСЛОВИХ РИБ ЗАПОРІЗЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

*Виявлений достовірний кореляційний зв'язок між вмістом загального білка, жиру і глікогену та накопиченням важких металів у основних промислових видів риб Запорізького водосховища. Хижі риби порівняно з мирними проявляли відносну резистентність до більшості важких металів, найбільш токсичними для них є кадмій, залізо, свинець, нікель, ртуть. На мирних риб значний токсичний вплив мають також марганець, цинк і мідь.*

Вирішення багатьох практичних завдань у сучасній іхтіології, рибництві, токсикології здебільшого залежить від створення й розробки інформативної, логічної, емної, експериментально перевіреної системи біохімічної індикації й моніторингу стану риб. Такого роду дослідження важливі як для з'ясування механізмів розвитку пристосувальних реакцій у риб у відповідь на вплив різноманітних факторів середовища, так і для прогнозу можливих змін іхтіофауни у водоймі. Вони можуть дати корисну інформацію для наукового обґрунтування рибогосподарських заходів [1; 2]. У сучасних умовах підвищеного техногенного навантаження на гідроекосистеми центром уваги повинні бути рибогосподарські водойми загалом, весь складний ланцюг супідрядних процесів. Забруднення вод негативно позначається на всіх трофічних ланках, але особливе значення має дослідження дії токсикантів на риб, які є останньою ланкою харчового ланцюга, де концентруються токсичні речовини [2]. Сучасні дослідження з водної іхтіотоксикології проводяться на молекулярному, субклітинному, органному й організменому рівнях з використанням досягнень біохімії, фізіології й екології риб.

**Метою представленої роботи** стала біохімічна індикація стану деяких представників промислової іхтіофауни Запорізького водосховища під впливом важких металів як токсичних чинників довкілля в сучасних умовах антропогенного забруднення.

**Матеріали та методи дослідження.** Об'єктом дослідження були 3–4-річні особини хижих і мирних видів риб – судака, окуня, ляща, плітки, які знаходяться під промисловим навантаженням. Матеріал для дослідження збирали під час проведення науково-дослідних ловів у осінній період. Для біохімічного й токсикологічного аналізу було використано зразки скелетних м'язів, оскільки м'язова тканина складає переважну основу тушки риби і має споживче значення для людини як продукт харчування, а в екологічному аспекті має функціональні властивості пристосування й адаптації. За її характеристиками легко визначити ступінь акліматизації риби в певних умовах існування. Вміст білка визначали за методом Лоурі [3], вміст ліпідів – за методом Фолча [4], вміст глікогену – модифікованим методом Зейфтера [5]. Вміст важких металів визначали методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії [6].

Статистичну обробку чисельних результатів здійснювали загальноновизнаними методами варіаційної статистики з використанням програмного пакету для персональних комп'ютерів Microsoft Excel. Ступінь лінійної залежності між варіаційними вибірками оцінювали за значенням кореляційного коефіцієнта Пірсона [7].

### **Результати і обговорення.**

Результати дослідження вмісту пластичних і енергетичних речовин у м'язовій тканині промислових риб Запорізького водосховища наведені у табл. 1.

Наші дослідження показали, що серед досліджуваних видів риб Запорізького водосховища у м'язах окуня містилася найбільша кількість білка. Порівняно з хижими рибами м'язи мирних видів містять меншу кількість білка, що пояснюється менш рухливим способом існування. Порівнюючи отримані результати з даними інших авторів [8], можемо стверджувати, що вміст білка у м'язовій тканині більшості мирних риб дещо нижче середнього фізіологічного рівня, характерного для цього сезону. Можна припустити послаблення метаболічних процесів і зниження фізіолого-функціональних

можливостей, що, у свою чергу, може призводити до зниження імунітету, підвищення чутливості до різного роду інфекцій у риб Запорізького водосховища.

Таблиця 1.

**Вміст пластичних і енергетичних речовин у м'язовій тканині основних видів промислових риб Запорізького водосховища ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )**

Показник	Вид риби			
	Судак	Окунь	Лящ	Плітка
Вміст білка	58,85±2,32	68,74±1,75	56,7±5,8	50,7±6,2
Вміст жиру	24,47±0,85	27,73±1,24	31,17±2,24	23,2±1,64
Вміст глікогену	4,15±0,65	1,16±0,71	1,41±0,36	1,20±0,64

Жир як запасна речовина відкладається у певних місцях тушки риби, характерних для даного виду. Тканинний жир риб у хімічному відношенні переважно представлений запасними ліпідами – триацилгліцеридами (ТАГ) й ефірами холестерину. Причому сумарні ліпіди більш давніх у філогенетичному відношенні риб (осетрових, лососевих) містять у багатьох органах більший відсоток ТАГ, ніж ліпіди менш давніх риб. Крім того, для філогенетично молодших риб (щукових, окуневих) характерна висока частка в сумарній ліпідній фракції ефірів холестерину. Досліджувані нами види хижих риб належать до "нежирних" і характеризуються рухливим способом існування, тому в їх тканинах міститься невелика кількість жиру, який досить швидко витрачається як енергетично значуща запасна речовина. Жирність м'язів риб залежить від сезону року – в зимовий період вміст жиру мінімальний, весною жирність зростає, у літньо-осінній період завжди відмічається підвищення вмісту ліпідної складової.

Дослідження жирності м'язової тканини промислових хижих риб Запорізького водосховища дозволили встановити найвищу кількість жиру у м'язовій тканині ляща – 31,17±2,24%. Значення вмісту жиру у промислових риб Запорізького водосховища дещо перевищують дані інших авторів [8], що може вказувати на порушення процесів тканинного метаболізму через несприятливий стан водного середовища.

Глікоген є резервною формою вуглеводів й зустрічається практично в усіх клітинах організму у різній кількості. Глікоген слугує основним джерелом енергії у період ембріонального розвитку риб. У постембріональному періоді головним джерелом ендогенного живлення стає жир, запаси якого у 2-3 рази вище у тканинах риб, ніж глікогену.

У малорухливих донних риб глікоген витрачається повільніше і рівень глюкози в крові нижчий, ніж у придонних і пелагічних риб. Найбільший рівень глікогену в тканинах та органах риб відмічається в осінній період. За його убуванням можна визначити такий ряд: печінка, серце, червоні м'язи, білі м'язи. Причому в червоних м'язах міститься глікогену на 60-70 % більше, ніж у білих.

Результати дослідження вмісту глікогену в м'язовій тканині промислових видів хижих риб Запорізького водосховища показали, що у судака як пелагічної риби з високим ступенем рухливості і жвавим способом існування виявився найвищий вміст глікогену у білих м'язах. Можемо відзначити також, що у хижаків його рівень перевищує такий у мирних риб, що зумовлено більш рухливим способом їх життя. Між тим вміст глікогену у всіх досліджених видів значно нижчий середнього рівня, відміченого іншими авторами [8], що свідчить про незадовільний фізіологічний стан риб Запорізького водосховища, які знаходяться в умовах підвищеної забрудненості.

Аналіз біохімічних показників, отриманих у результаті проведених досліджень, свідчив про менш інтенсивне накопичення запасних речовин у риб у зоні антропогенного забруднення і порушення у них швидкості процесів енергетичного обміну, які можуть негативно впливати на перебіг життєвого циклу. За фізіолого-біохімічними оцінками досліджуваних промислових риб Запорізького водосховища можна відзначити окуня як найбільше пристосований вид до умов існування у водоймі, що перебуває під постійним антропогенним навантаженням.

Оскільки основними забруднювачами у воді Запорізького водосховища є важкі метали, що потрапляють до водойми з промисловими стоками, проведено кореляційний аналіз взаємної залежності між вмістом важких металів у м'язовій тканині риб і біохімічними показниками пластичного й енергетичного обміну. Результати аналізу наведені у табл. 2.

Токсикологічний аналіз м'язової тканини риб показав, що вміст важких металів не перевищував ГДК для риби як продукту харчування. Максимальний вміст кадмію, міді, свинцю та заліза спостерігався в м'язах ляща, що на 96 %, 72 %, 86 % та 56 % відповідно більше порівняно з судаком ( $p \leq 0,05$ ). Високий вміст важких металів в організмі риб-бентофагів пояснюється тим, що детрит, який є їх основною їжею, як правило, концентрує в собі найбільшу кількість важких металів серед інших компонентів екосистеми.

Таблиця 2.

## Рівні важких металів (ВМ) та коефіцієнти кореляційного зв'язку між вмістом органічних компонентів і ВМ у м'язовій тканині промислових риб Запорізького водосховища

Вид риби	Важкі метали (ВМ)	Вміст ВМ, мг/кг (M±m, n=5)	Коефіцієнти кореляційного зв'язку		
			ВМ + вміст білка	ВМ + вміст глікогену	ВМ + вміст ліпідів
Судак	Cd	0,001±0,0003	0,85	0,87	-0,73
	Cu	0,29±0,04	0,29	0,33	-0,10
	Zn	4,5±0,9	-0,18	-0,22	-0,02
	Pb	0,04±0,008	0,44	0,48	-0,26
	Hg	0,01±0,006	-0,03	0,01	0,23
	Fe	8,7±1,20	0,60	0,64	-0,43
Плітка	Cd	0,02±0,008	-0,78	0,52	-0,03
	Cu	0,9±0,07	-0,53	0,06	-0,94
	Zn	5,4±1,1	-0,95	0,79	-0,38
	Pb	0,04±0,005	0,52	-0,20	-0,31
	Hg	0,01±0,005	0,52	-0,20	-0,31
	Mn	0,82±0,07	0,96	-0,96	0,83
Лящ	Cd	0,025±0,003	0,94	0,87	0,98
	Cu	1,04±0,4	0,11	-0,69	-0,04
	Zn	2,93±0,8	0,94	0,34	0,88
	Pb	0,29±0,04	0,96	0,39	0,90
	Fe	19,6±3,2	-0,26	-0,91	-0,40
	Mn	0,4±0,06	0,64	-0,19	0,52
	Ni	0,28±0,03	0,20	-0,62	0,06

За даними проведеного кореляційного аналізу виявлено суттєвий зв'язок між накопиченням кадмію і заліза та процентним вмістом білка у м'язовій тканині судака, коефіцієнти кореляції склали відповідно  $r = 0,85$ ,  $r = 0,60$ . Вміст глікогену виявляв значну кореляційну залежність з накопиченням кадмію у м'язовій тканині ( $r = 0,87$ ), а вміст ліпідів залежав від накопичення кадмію негативно ( $r = -0,73$ ).

У плітки значущі коефіцієнти негативного кореляційного зв'язку були отримані між накопиченням кадмію і цинку та вмістом білка ( $r = -0,78$ ;  $r = -0,95$ , відповідно), накопиченням марганцю і вмістом глікогену ( $r = -0,96$ ), та позитивний кореляційний зв'язок між накопиченням марганцю і вмістом ліпідів ( $r = 0,83$ ).

У м'язовій тканині ляща встановлений кореляційний зв'язок між накопиченням кадмію, цинку, свинцю та процентним вмістом білка у ( $r = 0,94$ ;  $r = 0,94$  та  $r = 0,96$  відповідно). Відмічався негативний кореляційний зв'язок між вмістом глікогену і нікелю ( $r = -0,62$ ), міді ( $r = -0,69$ ) та заліза ( $r = -0,91$ ), а також позитивний кореляційний зв'язок між вмістом глікогену і кадмію ( $r = 0,87$ ). За даними кореляційного аналізу виявлено, що для накопичення загальних ліпідів у м'язовій тканині ляща значущою була концентрація таких важких металів, як цинк ( $r = 0,88$ ), свинець ( $r = 0,90$ ), кадмій ( $r = 0,98$ ).

Таким чином, результати біохімічної індикації основних промислових видів риб Запорізького водосховища показали, що в умовах антропогенного забруднення виявлявся достовірно знижений вміст загального білка в м'язах та повільніше накопичення жиру і глікогену. Процеси метаболізму ліпідів і глікогену були чутливішими до впливу умов довкілля, вміст білка характеризувався відносно більшою стабільністю. Результати кореляційного аналізу показали, що у хижих риб на вміст загального білка в м'язах впливали такі важкі метали, як кадмій, залізо, свинець, нікель. У мирних риб значущі коефіцієнти були одержані також для цинку і марганцю. Вміст ліпідів у м'язовій тканині хижих риб залежав від накопичення кадмію, заліза, нікелю, свинцю, ртуті, марганцю, у мирних окрім перерахованих елементів мідь мала важливе значення для накопичення ліпідів у м'язах. Вміст глікогену корелював з концентраціями в тканинах кадмію, заліза, нікелю, свинцю, ртуті і марганцю, у мирних риб як значущий агент додавався ще і цинк.

Узагальнюючи одержаний матеріал, можна зазначити, що з розглянутих нами біохімічних показників вмісту пластичних і енергетичних речовин в тканинах риб Запорізького водосховища вміст жиру і глікогену відрізняються найбільшою варіабельністю, швидко реагують на зміни екологічних чинників і відображають стан фізіологічних функцій організму залежно від способу його життєдіяльності.

Порівнюючи дані біохімічного аналізу м'язів хижих і мирних риб Запорізького водосховища, можна відзначити меншу варіабельність показників, що вивчалися, у хижих риб, порівняно з мирними. Це свідчить про те, що мирні риби більшою мірою відчують на собі вплив токсикантів, зважаючи на свій спосіб живлення. За результатами проведеного кореляційного аналізу показано, що хижі риби порівняно з мирними проявляють відносну токсикорезистентність до більшого числа важких металів, що потрапляють в Запорізьке водосховище. Найбільше токсичними для них є кадмій, залізо, свинець, нікель, ртуть. На мирних риб, окрім названих елементів, значний токсичний вплив мають марганець, цинк і мідь. Необхідно зазначити, що попадання марганцю до організму риб призводить до порушення ліпідного і вуглеводного обміну і впливає на рівень енергетичних запасних речовин у м'язовій тканині.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ

1. Лукьяненко В. И. Экологические аспекты ихтиотоксикологии / В. И. Лукьяненко. – М. : Агропромиздат., 1987. – 240 с.
2. Немова Н. Н. Эколого-биохимическое тестирование водоемов по состоянию рыб / Немова Н. Н., Высоцкая Р. У., Сидоров В. С. // Научные аспекты экологических проблем России. – М. : Наука, 2002. – Т. 1. – С. 215–220.
3. Protein measurement with the Folin phenol reagent / [Lowry J. O. H., Rosenbrough N. J., Farr A. L. et al.] // J. Biol. Chem. – 1951. – V. 193, N 1. – P. 265–275.
4. Кейтс М. Техника липидологии / М. Кейтс. – М. : Мир, 1975. – 322 с.
5. Асатиани В. С. Определение гликогена по Зейфтеру : Биохимическая фотометрия / В. С. Асатиани. – М. : Изд-во АН СССР, 1957. – С. 452–453.
6. Хавезов И. Атомно-абсорбционный анализ / И. Хавезов, Д. Цалев. – Л. : Химия, 1983. – 144 с.
7. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М. : Высшая школа, 1990. – 352 с.
8. Справочник по физиологии рыб / [Яржомбек А. А., Лиманский В. В., Щербина Т. В. и др.]. – М. : Агропромиздат., 1986. – 192 с.

#### REFERENCES (TRANSLATED & TRANSLITERATED)

1. Luk'ianenko V. I. Ekologicheskie aspekty ikhtiotoksikologii [Ecological Aspects of Ichthyotoxicology] / V. I. Luk'ianenko. – M. : Agripromizdat., 1987. – 240 s.
2. Nemova N. N. Ekologo-biokhimicheskoe testirovanie vodoiomov po sostoianiiu ryb [Ecological and Biochemical Reservoirs Testing According to the Fish State] / [Nemova N. N., Vysotskaia R. U., Sidorov V. S.] // Nauchnye aspekty ekologicheskikh problem Rossii [Scientific Aspects of Ecological Problems in Russia]. – M. : Nauka, 2002. – T. 1. – S. 215–220.
3. Protein measurement with the Folin phenol reagent / [Lowry J. O. H., Rosenbrough N. J., Farr A. L. et al.] // J. Biol. Chem. – 1951. – V. 193, N 1. – P. 265–275.
4. Cates M. Tekhnika lipidologii [The Technique of Lipidology] / M. Cates. – M. : Mir, 1975. – 322 s.
5. Asatiani V. S. Opredelenie glikogena po Zeifтеру : Biokhimicheskaia fotometriia [Glycogen Determination According to Zeifter : the Biochemical Photometry] / V. S. Asatiani. – M. : Izd-vo AN SSSR, 1957. – S. 452–453.
6. Khavezov I. Atomno-absorbtsionnyi analiz [Atomic Absorption Analysis] / I. Khavezov, D. Tsavelev. – L. : Khimiia, 1983. – 144 s.
7. Lakin G. F. Biometriia [Biometry] / G. F. Lakin. – M. : Vysshiaia shkola, 1990. – 352 s.
8. Spravochnik po fiziologii ryb [Manual on the Fish Physiology] / [Yarzhombek A. A., Limanskii V. V., Shcherbina T. V. i dr.]. – M. : Agropromizdat., 1986. – 192 s.

Матеріал надійшов до редакції 05.03. 2012 р.

#### ***Федоненко Е. В., Ананьева Т. В., Шарамок Т. С. К вопросу о биохимической индикации состояния промысловых рыб Запорожского водохранилища.***

*Показана достоверная корреляционная зависимость между содержанием общего белка, жира и гликогена и накоплением тяжелых металлов у основных промысловых видов рыб Запорожского водохранилища. Хищные рыбы по сравнению с мирными проявляли относительную резистентность к большинству тяжелых металлов, наиболее токсичными для них являются кадмий, железо, свинец, никель, ртуть. На мирных рыб значительное токсическое действие оказывали также марганец, цинк и медь.*

#### ***Fedonenko O. V., Ananieva T. V., Sharamok T. S. To the Question on the Biochemical Indication of the Industrial Fish State in the Zaporozhian Reservoir.***

*The significant correlation dependence between contents of general proteins, lipids and glycogen and accumulation of heavy metals at the basic industrial species of fish in the Zaporozhian reservoir is determined. Predatory fish as compared to peaceful ones showed relative resistance to majority of heavy metals; cadmium, iron, lead, nickel, mercury were the most toxic for them. The peaceful fish were sensitive also to mangan, zinc and copper toxic action.*