



УДК 597.2/.5

© 2008

В. В. Сондак

## Особливості формування стресових ситуацій та ризику виживання аборигенної іхтіофауни в поверхневих водах України

(Представлено членом-кореспондентом НАН України М. Ю. Євтушенком)

*The interrelation between the number of stress situations, creation of a fish variability, risks of survival, and fish productivity of the aboriginal ichthyofauna of natural reservoirs in Ukraine is studied.*

Природні водойми України зазнають негативний вплив наслідків господарської діяльності людини, а ведення рибного господарства знаходиться у зоні ризику.

При кризових ситуаціях природного та антропогенного походження (дія аноксії, токсичних домішок стічних вод, фенолів, поліфенольних сполук) річкова мережа подається тотальній стерилізації від усього живого, а відновлення структури трофічного ланцюга відбувається за рахунок фауни бічних межових зон — екотонів (приток першого порядку, стариць, заплавних озер) або інтродукції рибопосадивного матеріалу з товарних рибних господарств, розташованих у басейні [1, 2] (рис. 1).

У даному повідомленні автор оцінює ситуацію, яка склалася в річково-озерній мережі, що формується під впливом підпорогових (неекстремальних) значень стресових факторів, коли водна екосистема нібито функціонує, а видове розмаїття аборигенної іхтіофауни та кількість рибопродукції значно нижчі порівняно з нетрансформованими водними об'єктами.

Такий підхід є системним, оскільки дає змогу оцінити ситуацію в річковій мережі, виходячи з басейнового принципу. Незважаючи на актуальність, у науковій літературі ця проблема розглядається фрагментарно або взагалі не досліджувалася. Крім того, ніким не з'ясований взаємозв'язок між чисельністю стресових ситуацій, рибопродуктивністю та кількістю рибопродукції, формуванням видового розмаїття аборигенної іхтіофауни та ризиками її виживання у природних водних об'єктах.

**Методи та об'єкти досліджень.** Нами досліджено річково-озерний комплекс Стир-Горинського гідроекологічного коридора з басейнами річок Горинь, Стир та їх притоками першого і другого порядків — Случ, Чаква, Устя, Іква, Кормин, Стубла.

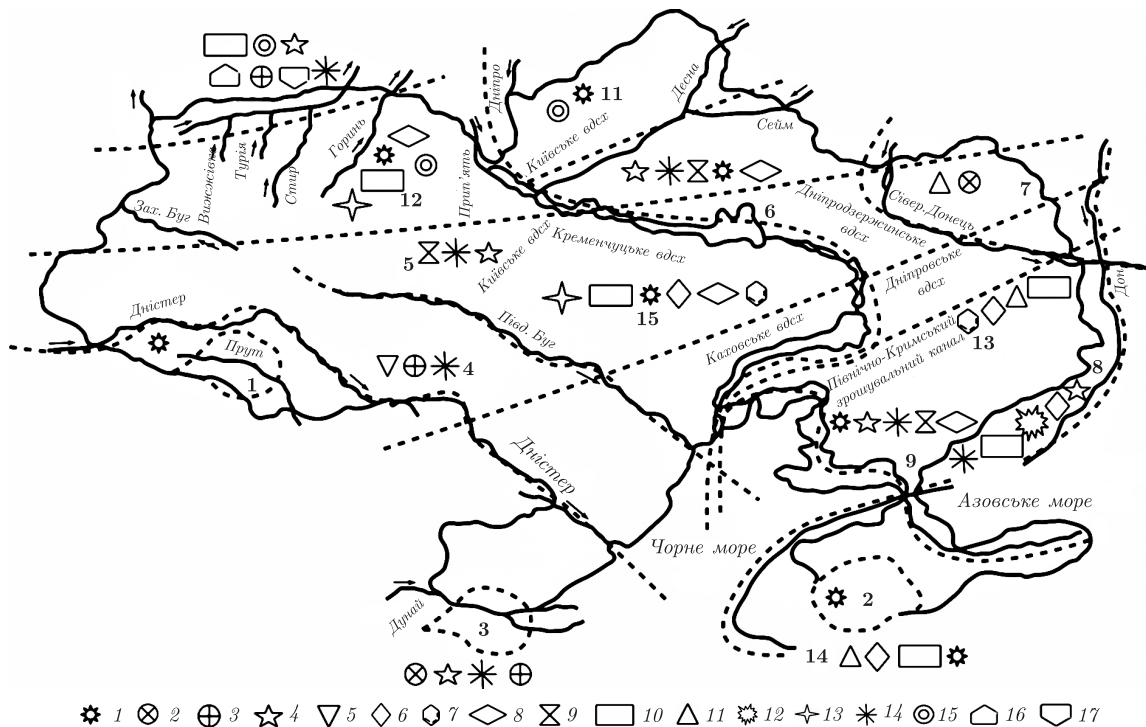


Рис. 1. Карта-схема переважаючої токсичності водного середовища гідроекологічних коридорів України, за даними [1–5].

1 — Карпатська гірська країна та коридори гірських річок. Токсичні речовини: нафтопродукти; 2 — Кримська гірська країна та коридори гірських річок. Токсичні речовини: нафтопродукти; 3 — меридіальний Дунайський гідроекологічний коридор (ГЕК). Токсичні речовини: ціаніди, важкі метали, феноли, дефіцит розчиненого кисню; 4 — меридіальний Дністровський ГЕК. Токсичні речовини: теплове забруднення, важкі метали, феноли; 5 — меридіальний Південно-Бузький ГЕК. Токсичні речовини: сірководень, феноли, дефіцит розч. кисню; 6 — Меридіальний Дніпровський ГЕК. Токсичні речовини: нафтопродукти, синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР), сірководень, феноли, дефіцит розчиненого кисню; 7 — меридіальний Сіверсько-Донецький ГЕК. Токсичні речовини: важкі метали шахтних вод, ціаніди; 8 — меридіальний Донський ГЕК (Азовське море). Токсичні речовини: феноли, фосфати, мінеральні добрива, пестициди, дефіцит розчиненого кисню; 9 — меридіальний Південно-Кримський ГЕК (Північно-Кримський зрошувальний канал). Токсичні речовини: нафтопродукти, СПАР, феноли, сірководень, дефіцит розчиненого кисню; 10 — широтний Північно-Західний Поліський (Прип'ятський) ГЕК. Токсичні речовини: важкі метали, марганець, закисне залізо, феноли, пестициди, радіонукліди, дефіцит розчиненого кисню; 11 — широтний Східно-Деснянський Поліський ГЕК. Токсичні речовини: радіонукліди, нафтопродукти; 12 — широтний Лісостеповий ГЕК (зона цукроваріння). Токсичні речовини: сапоніти, пестициди, нафтопродукти, СПАР, радіонукліди; 13 — широтний Південний ГЕК (гірлові ділянки річок-приток Чорного та Азовського морів). Токсичні речовини: важкі метали, пестициди, мінеральні добрива, мінералізація; 14 — широтний Морський ГЕК. Токсичні речовини: важкі метали, мінеральні добрива, пестициди, нафтопродукти; 15 — широтний Степовий ГЕК. Токсичні речовини: сапоніни, пестициди, нафтопродукти, мінеральні добрива, СПАР, мінералізація.

Умовні позначення:

1 — нафтопродукти; 2 — ціаніди; 3 — важкі метали; 4 — розчинений кисень; 5 — теплове забруднення; 6 — мінеральні добрива; 7 — мінералізація; 8 — синтетичні поверхнево-активні речовини(СПАР); 9 — сірководень; 10 — пестициди; 11 — шахтні води (важкі метали); 12 — фосфати; 13 — сапоніни; 14 — феноли; 15 — радіонукліди; 16 — закисне залізо  $Fe^{2+}$ ; 17 — марганець  $Mn^{2+}$

З аборигенної іхтіофауни вивчалися популяції *Barbus barbus borysthenicus* Dybowski, *Chondrostoma nasus* (L.), *Aspius aspius* (L.), *Esox lucius* (L.), *Rutilus rutilus* (L.), *Leuciscus idus* (L.), *Leuciscus cephalus* L., *Abramis brama* (L.), *Perca fluviatilis* (L.), *Blicca bjoerckna*

(L.), *Silurus glanis* (L.), *Lucioperca lucioperca* (L.), *Carassius auratus gibelio* (Bloch), *Cyprinus carpio* (L.), *Gasterosteus aculeatus* (L.).

Було проведено натурні спостереження й дослідження, та запропоновано теоретичні основи методології визначення стресів та ризиків виживання аборигенної іхтіофауни. Чутливість риб до стрес-факторів визначали за особливостями фізіології риб — чутливістю до змін кисневого режиму, температури води, кормового забезпечення та токсичних домішок.

Автором даного повідомлення опрацьовано 15,0 гідроекологічних коридорів з урахуванням басейнового принципу та переважаючої токсичності водного середовища (див. рис. 1).

*Стрес* — це виживання аборигенної іхтіофауни на межі життя та смерті в певному відрізьку часу, що формується під впливом біотичних та абіотичних чинників. В основі стресу лежить порушення середовища мешкання, умов відтворення і виживання аборигенної іхтіофауни. Більшість дослідників вважає, що розвиток стресу як неспецифічної реакції — відповіді організму на вплив несприятливих факторів не залежить від характеру (по Сельє), а визначається інтенсивністю дії стрес-фактора.

*Ризик виживання* виду є функція впливу одного або кількох стрес-факторів.

Нами запропоновано розрахункову формулу для визначення ризику виживання виду (популяції), яке матиме вигляд:

$$W = \frac{1}{\sum S} \cdot 100, \quad (1)$$

де  $W$  — ризик, %;  $\sum S$  — сума стресових ситуацій для досліджуваного виду риб, шт.

Формула для розрахунку загальної іхтіоекологічної ситуації в басейні (2) матиме такий вигляд:

$$\sum W = \sum \frac{W_i}{S} = \frac{(W_1 \cdot k_1) + (W_2 \cdot k_2) + (W_3 \cdot k_3) + \dots + (W_n \cdot k_n)}{S}, \quad (2)$$

де  $W_i$  — ризик виживання виду;  $k_i$  — коефіцієнт наявності виду риб при контрольних ловах;  $S$  — чисельність стрес-факторів, шт.

Оцінку іхтіоекологічної ситуації у водному об'єкті ілюструє модель впливу стрес-факторів на річково-озерну мережу (рис. 2). Стрессова ситуація у водному середовищі виникає як наслідок дії одного або сукупності стрес-факторів, які спричиняють зміни середовища існування: водності, кормової бази, шляхів міграцій, умов нересту та зимівлі, якості води, знижують чисельність популяцій (особливо маточного поголів'я), що, в свою чергу, призводить до різких змін у відтворенні видового складу та рибопродуктивності водного об'єкта.

Незважаючи на наявність деякого запасу антистресових реакцій, набутих іхтіофауною в процесі еволюції — перехід на черевцеве дихання, включення механізму розщеплення глікогену для отримання кисню, додатний реотаксис, міграція до природних нетрансформованих локалітетів, сукупність абіотичних впливів настільки велика, що, практично, суспільство не дає можливості розвитку аборигенної іхтіофауни у природному середовищі (див. рис. 2).

Як результат, сприятливі умови відтворення залишаються тільки на ділянках русла річок, малодоступних для любительського рибальства і браконьєрства, де збережені складові процесу відтворення аборигенної іхтіофауни — наявне маточне поголів'я та ремонт, зимувальні ями та нерестовища, кормова база (особливо зоопланктон для молоді риб), а також умови скочування молоді в основне русло річки для нагулу після нересту на заплаві.

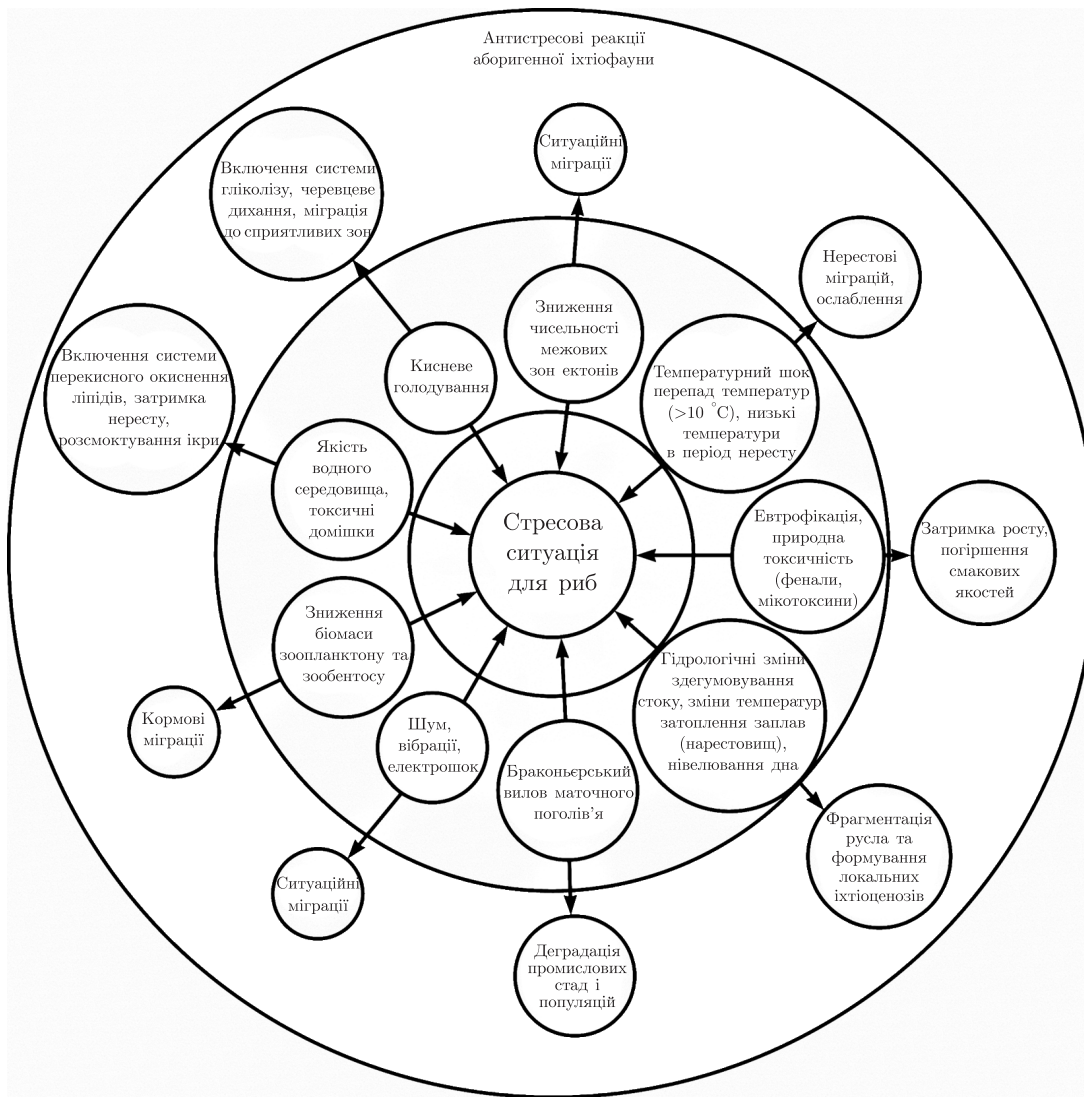


Рис. 2. Формування стресових ситуацій у річково-озерній мережі України в сучасних умовах

**Отримані результати та їх обговорення.** Щоб оцінити імовірність виникнення екологічного ризику за часовий інтервал ( $t$ ) виду риб ( $x$ ), нами запропоновано такі розрахункові формули:

$$P_x = 1 - q_x, \quad (3)$$

де  $q_x$  — імовірність знаходження значень екологічного індикатора ризику  $x$  у межах заданої норми. Тобто, у випадку можливого виживання виду 6,6–14,2% (табл. 1) ризик становитиме  $P_x = 1 - 0,066 = 0,934$ . За оптимальних умов ризик відсутній, тобто  $P_x = 0$ .

Це може бути формула “золотого берега” — ідеального варіанта умов відтворення аборигенної іхтіофауни в природних локалітетах

$$\sum_{n=1}^n \frac{dF_{\text{пр}}}{dt} + \sum_{n=1}^n \frac{dF_{\text{антр}}}{dt} = 0. \quad (4)$$

Тобто, сума природних ( $dF_{\text{пр}}$ ) та антропогенних ( $dF_{\text{антр}}$ ) чинників ( $F$ ) у часі ( $t$ ) не здійснюють негативного впливу на водне середовище та відтворення іхтіофауни ( $n$  — кількість факторів). Однак таке практично неможливо, оскільки ризик існує внаслідок дії біотичних та абіотичних факторів, тому існування виду знаходиться в межах діапазону можливих змін, описаних співвідношенням

$$q_x(\Delta t) = P(x_{\min} < x_i < x_{\max}) = \int_{x_{\max}}^{x_{\min}} f(x_i) dx_i, \quad (5)$$

де  $q_x(\Delta t)$  — імовірність, протягом часового інтервалу  $t$ ;  $x_{\min}$ ,  $x_{\max}$  — відповідно “нижнє” та “верхнє” значення індикатора ризику  $x$ , що обмежує діапазон можливих значень;  $f(x_i)$  — щільність розподілу  $x$ .

Проведеною експертною оцінкою умов існування аборигенної іхтіофауни та формуваннями стресових ситуацій у досліджуваному нами Стир-Горинському гідроекологічному коридорі доведено, що для більшості промислових видів, які могли б давати товарну рибу продукцію, імовірність виживання становить від 6,6 до 8,3%, а для триголкової колючки, що належить до смітних видів риб — 14,2% (табл. 1, 2). Так можна пояснити низьку кількість рибопродукції (до 1,0–5,0 кг/га) у річковій мережі, промислову локалізацію аборигенних у природних локалітетах (локальних рибовідтворювальних ділянках), де рибопродукція становить до 20,0 кг/га.

Основними умовами існування аборигенної іхтіофауни є збереження маточного поголів'я та відсутність браконьєрства (використання заборонених сіток, електроловів та вибухових речовин), якість води й кормова база, природні нерестовища й множинність межових зон, шляхи міграцій й зимувальні ями.

**Антистресові реакції аборигенних видів риб.** У природному середовищі діє екологічний закон відповідності видового складу ценозів умовам середовища (А. П. Травлеєв, 2002; Ю. Одум 1987).

У сучасних умовах провідне місце в формуванні видового розмаїття біоти займає господарська діяльність людини, вплив якої вже можна порівнювати з дією геологічних процесів. Зміна структури ценозів поверхні водозбору річкових басейнів (надмірна їх розораність і осушеність, недостатня залуженість і залісеність), неефективне очищення стічних вод з їх знезараженням активним хлором, втрата самоочисної здатності природних комплексів —

Таблиця 1. Характерні адаптивні реакції аборигенної іхтіофауни на абіотичні умови середовища

Рівні реакцій	Річкові басейни				
	Горинь	Устя	Замчисько	Стир	Іква
I	—	—	—	+	+
II	+	—	—	—	—
III	—	—	+	—	—
IV	—	+	—	—	—
V	—	+	—	—	—

Примітка. Риска — рівнів немає.

Дані таблиці показують, що перший рівень адаптацій характерний тільки для р. Стир і притоки Іква, які мають більшу, порівняно з іншими басейнами, чисельність межових зон — екотонів, менший браконьєрський тиск та кількість стресів, в силу віддаленості від населених пунктів. Другий рівень адаптацій характерний для р. Горинь, третій — для притоки Замчисько; четвертий та п'ятий — для притоки Устя, яка тече через територію житлово-промислового комплексу таких міст: Здолбунів, Квасилів, Рівне.

усе це погіршило якість поверхневих вод. Зросла їх токсичність стосовно іхтіофауни, збільшилась чисельність стресових ситуацій (див. табл. 1).

Нами протягом 2004–2007 рр. здійснено контрольні лови аборигенних видів риб у річках Стир, Горинь та їх притоках — Іква, Пляшівка, Устя, Замчисько, які є складовими Стир-Горинського гідроекологічного коридора.

У річках Горинь, Стир контрольні лови здійснювали у верхів'ї, в середній течії та в гирлових ділянках. Відібрану іхтіофауну оцінювали за чисельністю популяцій, розмірно-ваговими характеристиками; віком; статтю; стадіями зрілості ікри; коефіцієнтами вгодованості, прогонистості; смаковими якостями та епізоотичним станом.

Отже, на формування природної токсичності поверхневих вод впливають фактори, визначальними з яких є вміст розчиненого у воді кисню, з ним пов'язані інтенсивність окисно-відновних процесів; поява у поверхневих водах недоокиснених токсичних сполук азоту,

Таблиця 2. Експертна оцінка умов існування річкової іхтіофауни та формування стресових ситуацій у басейнах річок Стир, Горинь

Стрес-фактор	Видовий склад досліджуваних риб											
	1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*	11*	12*
Аноксія	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Температурний шок	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Чисельність межових екотонів	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Кормова база	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Токсичні домішки антропогенного походження	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Токсичні домішки природного походження	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Браконьєрство	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0
Гідрологічні зміни (період затоплення заплавних нерестовищ)	1,0	0	0	0	1,0	1,0	0	1,0	1,0	1,0	1,0	0
Шум	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0	1,0	1,0	1,0	0	1,0	0
Вібрації	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0
Електрошок	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Конкуренція вселенців	0	0	0	0	0	0	0	1,0	1,0	1,0	0	0
Зарегулювання русел	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0
Спрявлення русел, нівелювання дна (зимувальних ям)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0	1,0	0	0	0	1,0	0
Ліквідація заплавних нерестовищ	0	0	0	0	1,0	0	1,0	0	0	0	0	0
Недостатньо очищені стічні води	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Локальні рибовідтворювальні ділянки	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Загальна сума	14	13	13	13	15	12	14	14	14	13	13	8

Примітка. Експертну оцінку здійснено таким чином: коли фактор діє — 1,0; коли фактор не впливає — 0. Вид риб: 1 — *Leuciscus cephalus* (L.) (головень); 2 — *Barbus barbatus borysthenticus* Dybowski (марена); 3 — *Chondrostoma nasus* (L.) (підуст); 4 — *Rutilus rutilus* (L.) (плітка); 5 — *Cyprinus carpio* (L.) короп (сазан); 6 — *Carassius auratus qibelio* (Bloch) карась срібний; 7 — *Silurus glanis* (L.) (сом); 8 — *Esox lucius* (L.) (щука); 9 — *Tinca tinca* (L.) (лин); 10 — *Perca fluviatilis* (L.) (окунь); 11 — *Aspius aspius* (L.) (жерех); 12 — *Gasterosteus aculeatus* (L.) (триголкова колючка).

Імовірність виживання при комплексній дії стрес-фактора, %: головень 7,1; марена 7,6; підуст 7,6; плітка 7,6; короп (сазан) 6,6; карась 8,3; сом 7,1; щука 7,1; лин 7,1; окунь 8,3; жерех (білизна) 8,3; триголкова колючка 14,2. У природних локалітетах імовірність виживання 100%. За умови 30,0% природної смертності виживає 70,0% загальної чисельності.

## ПОСИЛЕННЯ ДІЇ ДЕПОНОВАНИХ ТОКСИКАНТІВ



Рис. 3. Відклик аборигенної іхтіофауни на дію депонованих токсикантів

закисного заліза, мангану, сірководню, метану; від'ємний редокс-потенціал, зміна значення рН поверхневих вод (закиснення, залуговування) при „двітінні” води, темновому фотосинтезі та інтенсивному заростанні водного дзеркала вищими водяними рослинами, а також алапатичний вплив вищих водяних рослин та мікродоростей, особливо синьозелених, при їх скупченні, розкладі нагромадженої фітомаси та дія донних відкладів — порова токсичність [4]. Погіршення якості поверхневих вод і зростання токсичності домішок викликають реакції-відповіді в аборигенній іхтіофауні. Останні класифіковані нами за такими рівнями (див. рис. 1–3; табл. 1): **I: норма** — виживають внаслідок забруднення за рахунок власних фізіологічних процесів — у таких водоймах 100% сформовані популяції аборигенних видів риб, які характерні для нетрансформованих водних об'єктів; **II: зміна метаболізму** — прискорення або сповільнення анаболічних або катаболічних реакцій — збереження до 75% чисельного складу популяцій стосовно нетрансформованих територій (наявні реофіли, літофіли, прохідні та напівпрохідні форми риб); **III: рух у напрямі до чистої води** — при цьому спостерігається втрата в таких водоймах, особливо чутливих до забруднення видів — 50% чисельності популяцій риб. Вони представлені малоцінними в промисловому значенні видами. В іхтіоценозі відсутні реофіли, літофіли, псамофіли, прохідні форми риб; **IV: руйнування окремих ланок трофічних ланцюгів живлення** — до 50% складу популяцій стосовно нетрансформованих басейнів. Переважаючий склад іхтіоценозу — смітні, малоцінні види молодших вікових груп (лімнофіли, пелагофіли, фітофіли); **V: кризовий стан** — в іхтіоценозах до 30% чисельного складу популяцій риб стосовно нетрансформованих басейнів річок, озер та водосховищ. Іхтіоценоз представлений адаптивними (адвентивними) видами, які змогли пристосуватися до новостворених умов середовища (ротан, гирчак, вівсянка).

**Механізми адаптації риб до стресових ситуацій.** За нормальних умов у тілі риб зберігається певне співвідношення між наявністю ліпідів, глікогену та білків. При нормальному стані (водне середовище нетоксичне) в результаті росту риб відбувається нагромад-

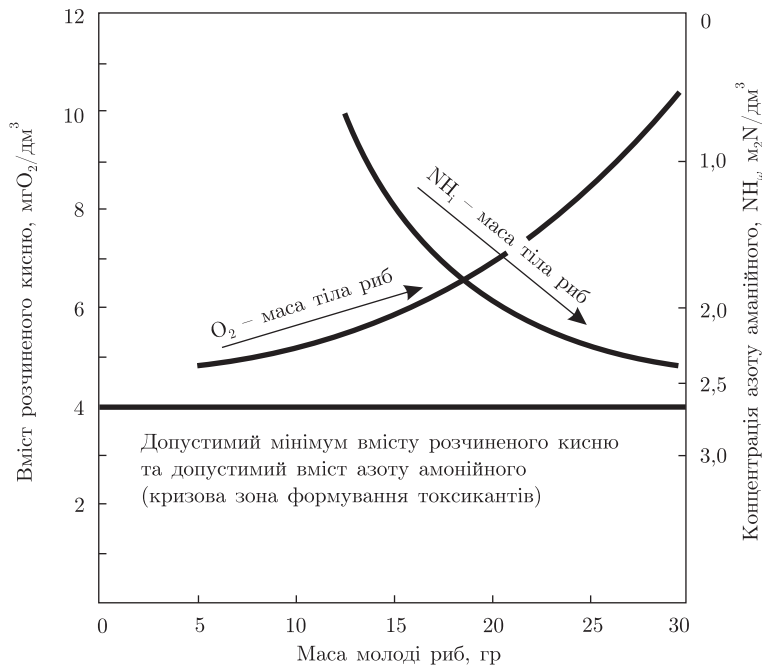


Рис. 4. Залежність між якістю води та наростанням біомаси тіла риб (молодь коропа)

ження їх білкової маси — збільшується маса тіла риб. Показником такого стану є відношення у водному середовищі розчиненого у воді кисню до концентрацій аміачного або нітритного азоту. Найбільш токсичними є умови, при яких спостерігається максимум вмісту  $\text{NH}_4^+$  або  $\text{NO}_2^-$  та мінімум розчиненого у воді кисню ( $\text{O}_2$ ), і навпаки (див. рис. 3, 4). Причому, зростання токсичності, як правило, призводить до включення у водних організмів, зокрема в іхтіофауни, механізмів ліквідації або адаптації до цих забруднень, які можна поділити на такі етапи: 1) **зміна метаболізму**: витрачається депонована в тілі риб енергія у вигляді ліпідів (жирів) — **процес перекисного окиснення ліпідів**, і як наслідок — погіршення смакових якостей риб. Не випадково в проточних і незабруднених водоймах їх смакові якості кращі, ніж у застійних (наприклад Канівського чи Кременчуцького водосховищ). Це стосується і ставових риб, якщо в господарстві стави непроточні, приплив свіжої води відсутній, то гастрономічні якості риб погіршені; 2) **глікогеновий механізм адаптації** при подальшому зростанні дефіциту розчиненого кисню. Розщеплений глікоген стає постачальником кисню для ліквідації екстремальних умов, наприклад при зимівлі мальків риб, або для виживання біоти в евтрофних водоймах та ліквідації процесів стагнації у верхів'ях водосховищ; 3) **білковий механізм адаптації** настає тоді, коли неспроможні ліквідувати загрозу перший та другий механізми. Зазначимо, що риби, які живуть у токсичних умовах середовища, мають значне відставання в нагромадженні білків, відповідно вони частіше хворіють, відстають в рості й розвитку, в них розвивається тугорослість, вони мають низький коефіцієнт вгодованості.

Дослідженнями фазових реакцій гідробіонтів (на прикладі ряски малої, дафній, уклеї, гупій) виявлено такі фази: *екскреції*; *реакції*; *депонування (імпрегнації)*; *інтеграції (адаптації)*; *деградації, деструктивних змін*.

Таким чином, виживання аборигенних видів риб при дії абіотичних умов середовища (вміст розчиненого у воді кисню та вуглекислого газу, аміаку, метану, сірководню, темпера-



тури води, впливу ксенобіотиків) залежить від масштабів і тривалості цієї дії, що адекватно адаптаційним можливостям іхтіофауни, які сформувалася за період еволюції. При їх перевищенні настає “біологічний вибух” — популяція гине.

З урахуванням значних швидкостей води р. Горинь, дрефту живого корму і молоді риб та оптимальних умов для розвитку промислових видів риб в районі Волино-Подільської височини гирлових ділянках річок Поліської низовини слід очікувати високу кількість рибопродукції. Тобто, вся річково-озерна мережа верхньої і середньої течій працює на гирлову ділянку. Очікувана висока кількість рибопродукції у часи нерестового ходу, кормових та зимових міграцій становить близько 400,0 кг/га. Ми це явище назвали феноменом “**золотого берега**”.

У гирлових ділянках річок відзначено оптимальні умови збереження маточного поголів'я, хорошу кормову базу та якість води, наявні місця нересту та зимівлі, енергетичні дотації, що допливають від верхньої та середньої ділянок. При цьому, для промислового лову виділено ділянку в 1,0% профілю річки (у певному відрізу часу).

Якщо імовірно виживання виду у верхній та середній течіях становить 6,6–14,2%, то у нижній течії — 33,3%, а ризик знижується до 0,67:

$$W_i = \frac{1}{\sum n} \cdot 100\% = \frac{1}{3} \cdot 100 = 33,3\%. \quad (6)$$

Отже, імовірність виживання в гирлових ділянках басейнів річок у 5,0 разів вища, ніж у верхній та середній течії.

Необхідно врахувати, що при кризових ситуаціях (аноксія при льодоставі) спостерігається масова міграція дорослих особин (ляща, судака, окуня, щуки, плітки, сома, жереха, головня, рибця) до відрізків русла з більш сприятливим кисневим, кормовим та нерестовим режимом. При цьому, особини ляща мають масу 3,0–5,0 кг, судака — до 10,0 кг, сома — до 30,0 кг.

Отже, основа політики збереження та відтворення аборигенної іхтіофауни у річково-озерній мережі — це ліквідація постійних джерел формування стресових ситуацій.

Існуючий (стресовий) стан з відтворення аборигенних видів риб у річково-озерній мережі Стир-Горинського гідроекологічного коридора можна віднести до кризового. При комплексній дії стрес-факторів можливий відсоток виживання іхтіофауни дорівнює 6,6–8,3%, у гирловій ділянці — 33,3%. На ділянках нижче скиду забруднення зникає навіть триголкова колючка (виживання якої становить 14,2%) через дію фенольних сполук.

Навіть в умовах середньої водності, коли локальні рибовідтворювальні ділянки зливаючись утворюють басейновий рибовідтворювальний комплекс і спостерігаються оптимальні умови рибовідтворення, контрольований промисел риб можливий тільки через два роки, але не більше 10%, оскільки через перенаселення і відсутність вільної території відбувається міграція риб у нижню течію — у бік Республіки Білорусь.

На сьогодні необхідні термінові заходи по створенню захисту природних локалітетів з відтворення та умов виживання рідкісних та зникаючих видів риб, а також відтворення промислового стада аборигенних риб. Політика сталого розвитку в даному випадку буде означати консервацію, а нам необхідні заходи з реабілітації.

**Формування стійкого розвитку екосистем річкової мережі.** У річковій екосистемі внаслідок протічності та дискретності за даними Й. В. Гриба [1], споживається за оптимальних умов від 1,7 до 30,0% розчиненого кисню всіма складовими річкового континууму

(у підлідний період). Тобто, 70,0% маси розчиненого кисню повинно залишатись для нормального функціонування ценозів річкової екосистеми (при допустимому мінімумі вмісту не нижче 4,0 мг/дм<sup>3</sup>). При нижчих значеннях настає стресова ситуація — аноксія та вимушена міграція риб. Це особливо характерно для р. Прип'ять та її правобережних приток річок Стир, Горинь. Якщо врахувати, що за оптимальних умов співвідношення між насиченням води киснем та його споживанням є величина стала, то, згідно з формулою Гриба–Сондака,

$$St = \frac{\tau v n}{\sum SL}, \quad (7)$$

де  $St$  — сталість трансформованої водної екосистеми;  $\tau$  — час добігання води до греблі (сегментованої ділянки русла річки) або гирла (непорушеної річки, доба);  $v$  — швидкість течії (функція від нахилу, звивистості, шороховатості ложа русла річки та наявності вищих водяних рослин), м/с;  $L$  — довжина русла або сегментованої ділянки, м;  $n$  — чисельність межових зон-екотонів, шт. Сталість трансформованої водної екосистеми — величина прямо пропорційна добутку часу води до гирла, кількості межових зон — екотонів і швидкості руслового потоку та обернено пропорційна чисельності стресових ситуацій на проміжку (довжині) досліджуваного русла (сегмента) — правило Гриба–Сондака. Наприклад,  $St = \tau \cdot v \cdot n / \sum S \cdot L$ : р. Стир —  $86400 \cdot 10,0 \cdot 0,35 \cdot 400,0 / 10,0 \cdot 437000 = 27,7$ ; притока Іква —  $86400 \cdot 5,0 \cdot 0,35 \cdot 200,0 / 5,0 \cdot 156000 = 38,8$ ; р. Горинь —  $86400 \cdot 9,0 \cdot 0,2 \cdot 400,0 / 10,0 \cdot 659000 = 9,4$ ; притока Устя —  $86400 \cdot 9,0 \cdot 0,1 \cdot 50,0 / 16,0 \cdot 100000 = 2,43$ ; магістральний канал “Стубла” —  $86400 \cdot 7,0 \cdot 0,1 \cdot 10,0 / 6,0 \cdot 80000 = 1,26$ .

Таким чином, більш стійкими є природні річкові екосистеми з численними екологічними нішами та мінімумом стресів на проміжку досліджуваного русла. Відповідно управління стійкістю та сталістю водних екосистем лежить у площині мінімізації кількості стрес-факторів та збільшенні (відновленні) чисельності межових зон — екотонів (екологічних ніш).

*Автор висловлює подяку проф. Й. В. Грибу за методичні поради.*

1. Гриб И. В., Клименко М. О., Сондак В. В. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем (гідрохімія, гідробиологія, гідрологія, управління). Навч. посібник. — Рівне: Волин. береги, 1999. — Т. 1. — 348 с.; Т. 2. — 148 с.
2. Сондак В. В., Гриб И. В., Куньчик Т. М. Стир-Горинський рибовідтворювальний комплекс: особливості функціонування, охорона // Современные проблемы гидробиологии. Перспективы, пути и методы исследований: Материалы междунауч. конф. — Херсон: Б. и., 2006. — С. 194–197.
3. Романенко В. Д., Афанасьев С. А., Петухов В. Б. и др. Влияние рыбного хозяйства на биологическое разнообразие в р. Днепр. — ВД “Академперіодика”, 2003. — 188 с.
4. Сондак В. В. Фізіологічні основи стійкості аборигенної іхтіофауни до абіотичних умов середовища // Вісн. Нац. ун-ту водн. господарства та природокористування. — 2007. — Вип. 3, № 39. — Ч. 2. — С. 327–333.
5. Відновна іхтіоекологія / Під ред. Й. В. Гриба, В. В. Сондака. — Рівне: Волин. береги, 2007. — 630 с.

*Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне*

*Надійшло до редакції 19.12.2007*