

середовищі, наслідком чого є зростання ентропії в екосистемі. Подальше зростання токсичності середовища призводить до збільшення ентропії в біосистемах, пропорційному рівню забруднення, проте ентропія екосистеми в цілому знижується, що пов'язано зі зменшенням розсіювання енергії біосистемами внаслідок згасання їх життєдіяльності.

*Ключові слова:* гідроекосистеми, гідробіонти, ентропія, якість середовища, благополуччя біосистем, важкі метали

V.P. Gandziura

Taras Shevchenko National University, Kyiv, Ukraine

#### THE ESTIMATION OF AQUATIC ECOSYSTEMS STATUS, ENVIRONMENT QUALITY AND ECO-TOXICOLOGICAL EFFECTS BY THE ENTROPHY CHANGES IN SYSTEM

Changes of entrophy in biological systems and environment under conditions of various level of pollution of aquatic environment by heavy metals are established. The insignificant pollution does not cause the increase of entrophy in bio-systems, but results to increase of energy consumption. The further increase of the level of toxic pollution of environment results to increase the entrophy in bio-systems, proportionally to the level of pollution, but the entrophy of system at whole is reduced, which caused by reduction of their functional activity.

**Keywords:** aquatic ecosystems, hydrobionts, entrophy, environment quality, bio-systems prosperity, heavy metals

УДК 574.64

В.П. ГАНДЗЮРА<sup>1</sup>, Ю.С. ТОМИЩ<sup>1</sup>, Н.І. КОРЕВО<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
вул. Володимирська, 64, Київ, 01033, Україна

<sup>2</sup>Житомирський державний університет імені Івана Франка  
вул. Велика Бердичівська, 40, Житомир, 10008, Україна

### **ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА РИБ ЗА ХРОНІЧНОГО ТА ПЕРІОДИЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА**

---

З'ясовані особливості впливу важких металів за хронічного та періодичного забруднення ними водного середовища на інтенсивність дихання, темп росту та складові енергетичного балансу риб.

*Ключові слова:* гідроекосистеми, забруднення, риба, важкі метали, темп росту, енергетичний баланс

З'ясуванню впливу важких металів на риб, зокрема, на біопродукційні показники присвячено багато праць [1–6], що дозволяє використовувати відповідні показники як інтегральні критерії рівня токсичного забруднення водойм [1–4]. Проте переважна більшість цих досліджень проведена за постійного рівня токсикантів у воді. Наразі найменш вивченим лишається питання впливу токсикантів не лише за хронічного, а й за різних режимів періодичного забруднення ними екосистем і з'ясування можливості пристосувань гідробіонтів до періодичних забруднень середовища важкими металами, що і обумовило напрямок наших досліджень.

Метою роботи було з'ясування особливості впливу хронічного (постійного) та періодичного (за різних режимів) забруднення водного середовища сполуками важких металів на біопродукційні показники і складові енергетичного балансу риб.

**Матеріал і методи досліджень**

Експерименти проводили на *Carassius auratus auratus* (L., 1758) і *Danio rerio* Hamilton, 1822). В якості токсикантів використовували  $K_2Cr_2O_7$ ,  $CdCl_2$  і  $ZnCl_2$ . Коцентрації іонів важких металів підтримували, додаючи відповідну кількість певного розчину [5]. Використовували загальноприйняті методи [7, 8], та підходи, детально описані нами [2]. Риб утримувалась в акваріумах місткістю 10 дм<sup>3</sup>. Повна заміна води проводилась щодня. Використовували попередньо відстояну протягом однієї доби водогінну воду. Аклімація до умов експерименту тривала 14 діб до початку експозиції. Годували риб двічі на добу кормом TetraMin (ТМ«Tetra», Німеччина). Температура становила 22-23 °С, рН = 7,0-7,5.

**Результати досліджень та їх обговорення**

Були проведені експерименти з різними режимами коливань вмісту важких металів у водному середовищі та отримані значні масиви даних. Зокрема, один з експериментів складався з 3 періодів по 14 діб кожен (табл. 1)

Таблиця 1

Схема експерименту та внесення токсикантів

№ експерименту	Характер впливу	I період (14 діб)	II період (14 діб)	III період (14 діб)
1	Контроль	–	–	–
2	Хронічний 1 ГДК	1 ГДК $Cr^{2+}$ та $Cd^{2+}$	1 ГДК $Cr^{2+}$ та $Cd^{2+}$	1 ГДК $Cr^{2+}$ та $Cd^{2+}$
3	Інтермітуючий 0,5 ГДК	0,5 ГДК $Cr^{2+}$ та $Cd^{2+}$	–	1 ГДК $Cr^{2+}$ та $Cd^{2+}$
4	Хронічний	–	–	1 ГДК $Cr^{2+}$ та $Cd^{2+}$

В цьому експерименті завданням було з'ясувати, чи можливо підвищити токсикорезистентність риб до важких металів, якщо в перший період додавати 0,5 ГДК кожного з іонів, потім – 14 діб перерви, і далі – внесення 1 ГДК (експеримент № 3). Для порівняння токсичного ефекту в експерименті № 4 токсиканти додавали лише на 3 періоді тривалості експерименту.

В результаті 46 добових досліджень встановлено, що в експерименті № 3 маса тіла вірогідно не відрізнялася від контролю (складала 100,39% від контролю). В експерименті № 4 маса тіла даніо реріо складала 95,18% від контролю, в експерименті з постійною концентрацією на рівні 1 ГДК маса тіла складала 83,43% від контролю. Інтенсивність дихання була мінімальною за постійного хронічного впливу (експеримент № 2), складаючи 81,23% від контролю), а в експерименті № 3 вірогідно не відрізнялась від контролю (100,92% від контролю). Таким чином встановлено, що попередній вплив невисоких концентрацій (0,5 ГДК) важких металів сприяє підвищенню токсикорезистентності риб. В результаті чого темп росту та інтенсивність дихання при наступному підвищенні вмісту важких металів до 1 ГДК мало відрізнялися від контролю, тоді як такий же вплив, проте без попередньої дії низьких концентрацій (експеримент № 4), був значно істотні ший – темп росту риб був на 12% нижче контролю, а інтенсивність дихання перевищувала контрольні значення на 16%.

Часова динаміка досліджених нами показників мала досить складний характер і в цілому відповідала загальним положенням каскадного принципу адаптацій риб до токсичних чинників середовища [4, 5].

Наступним етапом наших досліджень було з'ясування оптимального об'єму життєвого простору для риб. Для цього було обрано два види, які відрізняються поведінкою: даніо реріо, які є типовими зграйними рибами, та золото рибка, для якої зграйність мало виражена. Експерименти з даніо реріо показали, що інтенсивність дихання безпосередньо залежить від величини життєвого простору. Максимальна інтенсивність дихання була у поодиноких особин, а зі зростанням кількості особин до 5 екз/10 дм<sup>3</sup> вона закономірно знижувалася і за щільності 5-10 екз/дм<sup>3</sup> лишалася на одному рівні. При подальшому зростанні щільності рівень дихання зростав (табл. 2).

Показники *Danio rerio* за різної щільності риб

Показник	Щільність посадки, екз/10 дм <sup>3</sup>								
	1	2	3	4	5	6	10	100	200
Інтенсивність дихання (% від мінімального)	357	264	189	131	100	104	103	135	159
Питома швидкість росту (% від максимальної)	2	19	43	69	100	101	98	76	65
Ефективність використання раціону на приріст (% від максимального)	3	16	39	71	99	100	94	73	59

Варто відзначити, що за щільності 5-10 екз./10 дм<sup>3</sup> питома швидкість росту і ефективність використання раціону на приріст маси тіла також були максимальними. Цю щільність можна вважати оптимальною. Щоб з'ясувати, чи залежить сила прояву токсичних ефектів від величини життєвого простору, було проведено серію експериментів (табл. 3)

Таблиця 3

Ріст риб у контролі та за 10 мкг Cr<sup>6+</sup>/дм<sup>3</sup>

Види риб	Питома швидкість росту (% від максимальної) за щільності на 10 дм <sup>3</sup>				
	1 екз.	3 екз.	5 екз.	10 екз.	100 екз.
Кількість риб на 10 л.	1 екз.	3 екз.	5 екз.	10 екз.	100 екз.
Даніо реріо (контроль) 10 мкг Cr <sup>6+</sup> /дм <sup>3</sup>	2	43	100	98	46
	0	5	100	99	37
Золота рибка (контроль) 10 мкг Cr <sup>6+</sup> /дм <sup>3</sup>	84	100	87	62	31
	43	100	67	32	22

Найістотніше пригнічення росту за 10 мкг Cr<sup>6+</sup>/дм<sup>3</sup> спостерігалось у поодиноких особин даніо реріо, а максимальний темп росту спостерігався за щільності 5-10 екз./10 дм<sup>3</sup>. В той час як для золотої рибки максимальний ріст мав місце за щільності 3 ек./10 дм<sup>3</sup> (табл. 2). Таким чином, при оцінці рівня забруднення водойм за біопродукційними показниками риб необхідно враховувати об'єм життєвого простору. Ігнорування цього важливого показника може призводити до істотних помилок в оцінках рівня токсичного забруднення водойм.

### Висновки

1. Встановлено, що за коливань концентрації Cd<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup> і Cr<sup>6+</sup> у воді токсичні ефекти істотно відрозрізняються від умов хронічного експерименту з постійною токсичністю середовища.
2. За умов попереднього впливу низьких концентрацій (0,5% ГДК) Cd<sup>2+</sup> та Zn<sup>2+</sup> наступне забруднення середовища більш високими концентраціями цих іонів впливало на піддослідних риб значно меншою мірою, ніж такий же вплив без попереднього.
3. Рівень прояву токсичних ефектів тісно пов'язаний з об'ємом життєвого простору. Відхилення його значень від оптимальних істотно посилює прояв токсичних ефектів. За оптимального об'єму життєвого простору токсикорезистентність риб була максимальною.

1. Брагинский Л. П. Биопродукционные аспекты водной токсикологии / Л. П. Брагинский // Гидробиол. журн. – 1988. – Т. 24, № 3. – С. 74–83.
2. Гандзюра В. П. Продуктивність біосистем за токсичного забруднення середовища важкими металами / В. П. Гандзюра. – К.: ВЛГ «Обрі», 2002. – 248 с.
3. Гандзюра В. П. Структура енергетического баланса гидробионтов в токсической среде / В. П. Гандзюра // Гидробиол. журн. – 2004. – Т. 40, № 1. – С. 108–116.
4. Гандзюра В. П. Концепція шкодочинності в екології / В. П. Гандзюра, В. В. Грубінко. – Київ-Тернопіль: Вид-во ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2008. – 144 с.
5. Грубінко В. В. Системна оцінка метаболічних адаптацій у гидробионтів / В. В. Грубінко // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол. Спец. вип. «Гідроекологія». – 2001. – № 4(15). – С. 36–39.
6. Курант В. З. Шляхи проникнення та вміст важких металів в органімі риб (Огляд) / В. З. Курант, В. О. Хоменчук, В. Я. Бияк // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол. – 2011. – № 2 (47). – С. 263–269.

7. Лукьяненко В.И. Биотестирование на рыбах. Методические рекомендации / В. И. Лукьяненко, Т. А. Карпович. – М.: АН СССР, 1989. – 96 с.
8. Методи гідрологічних досліджень поверхневих вод / О. М. Арсан, О. А. Давидов, Т. М. Дьяченко та ін. / За ред. В. Д. Романенка. – НАН України, Ін-т гідробіології. – К.: ЛОГОС, 2006. – 408 с.

*В.П. Гандзюра<sup>1</sup>, Ю.С. Томишч<sup>1</sup>, Н.И. Корево<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Украина

<sup>2</sup>Житомирский государственный университет имени Ивана Франко, Украина

### ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА РЫБ ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ И ПЕРИОДИЧЕСКОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ВОДНОЙ СРЕДЫ

Установлены особенности влияния тяжелых металлов на интенсивность дыхания, темп роста и составные энергетического баланса рыб при хронической и периодическом режимах загрязнения водной среды.

*Ключевые слова: гидросистемы, загрязнение, рыба, тяжелые металлы, темп роста, энергетический баланс*

*V.P. Gandziura<sup>1</sup>, Yu.S. Tomyshch<sup>1</sup>, N.I. Korevo<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Taras Shevchenko National University, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Ivan Franko Zhytomyr State University, Ukraine

### FEATURES OF INFLUENCE OF HEAVY METALS ON FISHES AT CHRONIC AND PERIODIC CONTAMINATION OF WATER ENVIRONMENT

The features of influence of heavy metals are set on respiration level, growth speed and component energetic balance of fishes at chronic and periodic modes of contamination of water environment.

*Keywords: aquatic ecosystems, pollution, fish, heavy metals, growth speed, energetic balance*

УДК 577.34 (582.522)(477.41/.42)

*Д. ГАНЖА<sup>1</sup>, Х. ГАНЖА<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Івано-Франківське відділення Українського географічного товариства  
вул. Галицька, 201, Івано-Франківськ, 76018, Україна

<sup>2</sup>Інститут гідробіології НАН України  
пр. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна

### НАКОПИЧЕННЯ РАДІОНУКЛІДІВ, ІОНІВ КАЛІЮ Й КАЛЬЦІЮ ЛИСТКАМИ PHRAGMITES AUSTRALIS (CAV.) TRIN. EX STEUD

Досліджено накопичення листками очерету звичайного розчинних форм <sup>137</sup>Cs та <sup>90</sup>Sr, іонів K<sup>+</sup> і Ca<sup>2+</sup>. Встановлено, що понад 90% названих речовин міститься у тканинах живих листків. З атмосферних випадіннь надходить до 5% накопичуваних на поверхні листків радіонуклідів. Встановлено зв'язок між фізіологічною здатністю листків утримувати іони і дозою радіаційного опромінення. Отримані результати можуть бути використані для цілей радіоекологічного моніторингу довкілля.

*Ключові слова: моніторинг довкілля, очерет звичайний, радіоекологія, фізіологія рослин*

У практиці моніторингу довкілля в Чорнобильській зоні відчуження (ЧЗВ) застосовується очерет звичайний (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud). При вивченні реакції очерету на радіаційне опромінення, перевагу надають накопичувальній здатності рослин і їх морфологічній реакції на опромінювання [2, 5]. Менше уваги приділялось фізіологічній реакції рослин на опромінення. Проте відомо, що міграція всередину листків радіонуклідів з атмосфери та їх втрата при вимиванні опадами має екологічне значення та пов'язане, крім іншого, із фізіологічним станом листків [3].