

Influence of fish nutrition on the quality of fish production in conditions of pollution of the aquatic environment with chemical substances

A. A. Buleyko

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

Article info

Received 02.04.2025

Received in revised form

11.04.2025

Accepted 18.04.2025

*Dnipro State Agrarian and
Economic University,
St. Serhiy Efremov, 25,
Dnipro, 49600, Ukraine.*

E-mail:

alla.a.buleyko@gmail.com

Buleyko, A. A. (2025). Influence of fish nutrition on the quality of fish production in conditions of pollution of the aquatic environment with chemical substances. *Ecology and Noospherology*, 36(1), 45–52. doi:10.15421/032506

In conditions of pollution of the aquatic environment with chemicals, the living conditions of fish are disrupted, which affects the quality of fish products. Developing methods to improve the nutritional properties of fish is important in the field of science that integrates fish biology, the study of nutrition and rational management of fish resources, environmental sustainability, etc. In recent years, a significant amount of research has been conducted to investigate the impact of fish nutrition on the quality of fish products in conditions of pollution of the aquatic environment with chemicals in today's conditions. Analyzing the data, it was found that the quality of nutrition depends on the quality and composition of water, which affects the growth, development and health of fish. Considering the use and study of the impact of fish nutrition, as well as the need for nutrients such as proteins, fats, vitamins and minerals, can improve the quality of fish products. Special attention is paid to the role of proteins in fish metabolism using the example of carp (*Cyprinus carpio* L.), growth and development, as well as adaptation to interesting studies of the composition of tissue proteins of carp during cadmium and lead intoxication. The experiment used two-year-old carp (*Cyprinus carpio* L.), which is a widespread object of pond culture in Ukraine. Two-year-old carp were caught in the lower section of the Dnieper Reservoir and transferred to the laboratory. After that, they were placed in aquariums for further scientific observations and research. A thorough analysis indicates that considering the impact of toxic substances on fish nutrition is essential to ensure their health and optimal fish production. The development of new feeding strategies and the use of special additives is becoming a key aspect not only to improve product quality, but also to ensure compliance with safety standards and environmental sustainability in the aquaculture and fisheries industry. The reaction of protein metabolism in fish to toxic effects is not sufficiently studied. Therefore, studies of the nature of changes in protein metabolism indicators under the influence of heavy metals are very relevant for predicting the consequences of heavy metal pollution of aquatic ecosystems, as well as for early diagnosis and effective environmental protection measures in fish ponds.

Keywords: chemicals; aquatic environment; ecological sustainability; cadmium; lead; water resources; use and research.

Вплив живлення риб на якість рибопродукції в умовах забруднення водного середовища хімічними речовинами

A. A. Булейко

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, Україна

В умовах забруднення водного середовища хімічними речовинами порушуються умови проживання риб, що впливає на якість рибопродукції. Розробка методів для поліпшення харчових властивостей риби має важливе значення в галузі науки, яка об'єднує біологію риб, вивчення харчування та раціональне управління рибними ресурсами, екологічну стійкість тощо. За останні роки проведено значну кількість досліджень, спрямованих на дослідження впливу живлення риб на якість рибопродукції в умовах забруднення водного середовища хімічними речовинами в умовах сьогодення. При аналізі даних

виявлено, що якість живлення залежить від якості та складу води, що впливає на ріст, розвиток та здоров'я риб. Дослідження живлення риб, а також потреби в поживних речовинах, таких як білки, жири, вітаміни та мінерали, може покращити якість рибопродукції. Особлива увага приділяється ролі білків у метаболізмі риб на прикладі дворічки коропа (*Cyprinus carpio* L.), його зростанні та розвитку, а також адаптації тканинних білків дворічки коропа при інтоксикації кадмієм та свинцем. Для експерименту були використані дворічки коропа (*Cyprinus carpio* L.), який є широко поширеним об'єктом ставкової культури в Україні. Дворічки коропа були вилучені на нижній ділянці Дніпровського водосховища та переведені до лабораторії. Після цього розміщені в акваріуми для подальших наукових спостережень та досліджень. Ретельний аналіз указує на те, що врахування впливу токсичних речовин на живлення риб є необхідним для забезпечення їхнього здоров'я та оптимальної рибопродукції. Розробка нових стратегій живлення та використання спеціальних добавок стає ключовим аспектом не лише для покращення якості продукції, але й для забезпечення відповідності стандартам безпеки та екологічної стійкості в галузі аквакультури та рибного господарства. Реакція білкового обміну риб на токсичну дію недостатньо вивчена. Тому дослідження характеру зміни показників білкового обміну при впливі важких металів є дуже актуальними для прогнозування наслідків забруднення важкими металами водних екосистем, а також для ранньої діагностики та проведення ефективних природоохоронних заходів у рибогосподарських водоймах.

Ключові слова: хімічні речовини; водне середовище; екологічна стійкість; кадмій; свинець; водні ресурси; використання та дослідження.

Вступ

У зв'язку з проблемою забруднення навколишнього природного середовища продуктами техногенезу об'єктом уваги екологічного моніторингу стали важкі метали, що потрапляють у водоймища зі стоками та змивами з територій промислових підприємств, сільгоспугідь, міст та невеликих населених пунктів. Важкі метали не розкладаються в природних водах, а лише змінюють форми свого існування, перерозподіляючись між біотичними та абіотичними ланками (Andrusiak, 2011).

До важких металів належать понад 40 елементів періодичної системи Д. І. Менделєєва з атомною масою понад 50 атомних одиниць. Найнебезпечнішими є кадмій, цинк, ртуть, свинець, хром, марганець, нікель, молібден, кобальт, мідь, олово, титан та ін. (Linnik et al., 2007).

Усі джерела надходження важких металів у довкілля поділяються на дві групи – природного та техногенного характеру. До джерел природного характеру належать ерозійні процеси, вулканічна діяльність, землетрус, вивітрювання гірських порід та мінералів, катастрофічні повені, пожежі. Збільшення концентрацій металів у поверхневих водах також може відбуватися в результаті кислотних дощів, що призводять до розчинення мінералів та порід, що омиваються водами. Усі ці джерела забруднення викликають у біосфері – повітрі, воді, ґрунтах, живих організмах збільшення вмісту металів-забруднювачів у порівнянні з природним, так званим фоновим рівнем (Esmaeili et al., 2010).

До джерел техногенного характеру надходження важких металів належать видобуток і переробка корисних копалин, спалювання палива, діяльність сільського господарства, рух транспорту (Palaniappan & Karbassi, 2006).

Частина техногенних викидів, що в довкілля надходить у вигляді аерозолі, переноситься на великі відстані і викликає глобальне забруднення. Інша частина надходить у безстічні водоймища, де важкі метали накопичуються і стають джерелом вторинного забруднення в ході фізико-хімічних процесів, що йдуть безпосередньо в середовищі (Voegborlo et al., 2005).

Потрапивши у водойму, метали розподіляються між компонентами водної екосистеми. Різні поверхневі води по-різному реагують на йони металів, надходження яких суттєво не порушує природного характеру функціонування всієї екосистеми, що вивчається. При цьому самі метали-токсиканти розподіляються на такі складові: 1) метали у розчиненій формі; 2) метали сорбовані та акумульовані фітопланктоном, тобто рослинними мікроорганізмами; 3) метали, що утримуються донними відкладеннями в результаті седиментації зважених органічних і мінеральних частинок з водного середовища; 4) метали, адсорбовані на поверхні донних відкладень безпосередньо з водного середовища в розчинній формі; 5) метали, що знаходяться в адсорбуючій формі на частках суспензії (Rainbow & Luoma, 2011).

Багато металів утворюють досить міцні комплекси з органічними речовинами; ці комплекси є однією з найважливіших форм міграції елементів у природних водах (Tchounwou et al., 2012).

Токсичність металу залежить не тільки від його природи та концентрації, а й від багатьох інших факторів – кислотності, температури, вмісту у воді кисню, жорсткості води, тривалості дії, синергізму та антагонізму йонів. Наприклад, підвищення концентрації заліза та марганцю у водному середовищі зазвичай відбувається при високих показниках кислотності внаслідок забруднення промисловими викидами (Andrusiak, 2011), а для накопичення свинцю в організмі коропа велике значення має температурний фактор.

Найбільш швидкими та ефективними тестами, які дозволяють провести ранню діагностику змін у живих організмах під впливом токсикантів, можуть служити процеси тканинного обміну речовин. Система протеолітичних ферментів є одним з основних інструментів у механізмах клітинного захисту при впливі токсичних факторів середовища (Mehed, 2013). Протеолітичні ферменти діють на першому, ключовому етапі мобілізації білкових резервів клітини, і тому їх роль у механізмах біохімічних адаптацій неможливо переоцінити. Дуже чутливими індикаторами на зміну екологічної обстановки є ферменти лізосом (Bahdai et al., 2013). Система лізосомальних ферментів на 90 % представлена катепсинами, що має значення для

адаптації білкового складу клітин до умов, що змінюються в навколишньому середовищі (Bahdai et al., 2013).

Реакція білкового обміну риб на токсичну дію недостатньо вивчена. Тому дослідження характеру зміни показників білкового обміну при впливі важких металів є дуже актуальними для прогнозування наслідків забруднення важкими металами водних екосистем, а також для ранньої діагностики та проведення ефективних природоохоронних заходів у рибогосподарських водоймах.

Серед забруднювачів водних екосистем перше місце посідають важкі метали (Humeniuk, 2010; Zhukov, Hubanova, 2015). З них найбільш токсичними є кадмій та свинець.

У біоценозах водних екосистем риби займають верхній трофічний рівень, нижчі рівні відіграють виключно важливу роль у поведінці важких металів. Основними «воротами» потрапляння в організм та місцями накопичення важких металів є дихальна, травна та видільна системи; крім того, відбувається накопичення їх у шкірних покривах, м'язах, скелеті та селезінці (Dural et al., 2007).

Важкі метали, акумулюючись у тканинах і включаючись у харчові ланцюги гідробіонтів, істотно впливають на фізіолого-біохімічні показники риб, мають канцерогенні, гонадо- та ембріотоксичні властивості (Dural, Goksu, 2004).

У зв'язку з цим однією з актуальних проблем останніх років є пошук методів оцінки впливу різних токсичних речовин на внутрішні водойми та пошук маркерів стану гідробіонтів, що їх заселяють (Hliebova, Shkarupa, 2017).

За здатністю до акумуляції важкі метали в органах риб розташовуються в такому порядку: печінка – селезінка – нирки – кишечник – мозок – гонади – серце – м'язи, які збігаються з інтенсивністю метаболізму, що проходить у них (Humeniuk, 2010).

Дослідження розподілу металів у тканинах риб показало, що кадмій, залізо та ртуть у найбільших кількостях накопичуються у печінці. Цинк максимально накопичується в покривних тканинах оселедця, наваги та мінтаю. Санітарно-гігієнічна оцінка 4 видів риб показала, що в жодному разі концентрації токсичних металів у м'язових тканинах риб не перевищували ГДК. Концентрація кадмію в печінці оселедця та мінтаю перевищувала нормовані величини в 2–4 рази (Hlubokov, 1990).

Для дослідження механізму накопичення кадмію та ступеня його впливу на структуру тканин дворічок коропа піддавали впливу різних концентрацій кадмію (0,1, 1,0, 1,25, 2,25, 6,25 мкг/л) протягом 120 днів. Максимальні концентрації кадмію виявлені в нирках (від 3 до 41 мкг/г) та печінці (від 0,08 до 2,70 мкг/г). Патологічна зміна гістологічної будови нирок виражалась у порушенні гемодинаміки органу та різних дистрофічних процесах. У печінці відзначено білкову та жирову дистрофію, а також виявлено ділянки некрозу та некробіозу. Такі порушення в органах і тканинах риб свідчать про глибокі та незворотні патологічні процеси, що відбуваються при хронічній інтоксикації кадмієм (Bahdai et al., 2013).

Кадмій значно впливає на захисні системи організму риб. Він викликає посилення індукції С-реактивного білка та металу (Koval, 2013). Змінюється й стан лейкоцитів у периферичній крові. За ступенем впливу на цей показник у коропа кадмій у ряді інших важких металів стоїть першим: кадмій – свинець – мідь – ртуть, а найчутливішим типом клітин є нейтрофіли (Bahdai et al., 2013).

Свинець також належить до найбільш токсичних важких металів. За порівняно короткий історичний період уміст цієї небезпечної хімічної речовини в навколишньому середовищі збільшився в десятки й сотні разів (Soltani et al., 2015). Він широко застосовується у виробництві електричних кабелів, свинцевих акумуляторів, емалей, замазок, сірників, піротехнічних виробів, пластмас, кришталю тощо (Shirobokova, 2011).

Матеріали та методи досліджень

Дніпровське водосховище, з якого вилловлювались риби, знаходиться на річці Дніпро у Запорізькій та Дніпровській областях України. Має площу 410 км², об'єм 3,3 км³, довжину 129 км, ширину 3,2 км, середню глибину 8,2 м. Довжина берегової лінії 550 км. Береги складені з лісоподібних суглинків та пісків, є виходи гранітів. Висота берегів – до 10 м. Водообмін у водосховищі відбувається 12–14 разів на рік. Коливання рівня води до 2,9 м (Romanenko et al., 2000).

Крім зовнішнього вигляду, коропа відрізняється швидким зростанням, кращим використанням корму, гарною м'ясистістю (близько 8,5 % жиру та 16,5 % білка) (Bahdai et al., 2013).

Водосховища Дніпровських каскадів мають відносно невеликі глибини та великі мілководні ділянки. Через повільний водообмін Дніпровське водосховище поступово замулюється.

Дніпровське водосховище поділяється на дві частини: верхню «річну», між Кам'янським та Дніпром (80 км), і нижню — «озерну», між Дніпром і Дніпрогесом (90 км). Саме з нижньої ділянки і були вилвлені риби.

Об'єктами досліджень були використані дволітки коропа (*Syrprinus carpio* L.). Короп (*Syrprinus carpio*) є широко поширеним об'єктом ставкової культури в Україні. Початково він вважається екзотичним видом, що походить з Азії. Але був інтродукований у багатьох частинах світу і успішно натуралізувався в європейських водах. Одомашнена форма цієї риби є однією з найпоширеніших промислових риб у рибних господарствах помірного поясу (Zamogov, 2015; Buleiko, 2023).

Дволітні коропа масою тіла від 250 до 450 г також були вилвлені на нижній ділянці Дніпровського водосховища та переведені до лабораторії. Після цього їх помістили в акваріуми об'ємом 300 л, де кожний такий акваріум містив від 5 до 10 особин для подальших наукових спостережень та досліджень.

Моделювання хронічного забруднення водного середовища важкими металами проводили в лабораторних умовах. Контролем у всіх дослідах служили риби, що витримуються в чистій воді. Для адаптації до умов риб витримували протягом 7–

10 діб в акваріумах, де воду змінювали щотижня. Зміну води в дослідних та контрольних акваріумах здійснювали, не пересаджуючи риб. Слідкували за збереженням концентрації токсиканту в піддослідних акваріумах. В акваріумах створювалися умови постійного температурного (19–21 °C) та газового режиму. Годували риб живим трубочником.

У хронічних лабораторних дослідах було випробувано такі забруднювачі:

1) хлорид кадмію (CdCl_2) з умістом у водному середовищі 0,25 мг/л (ГДК – 0,005 мг/дм³);

2) ацетат свинцю ($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$) з умістом у водному середовищі 0,5 мг/л (ГДК – 0,1 мг/дм³) (Dudnyk, Yevtushenko, 2013).

На 5-, 15-, 30- та 40-ву добу знаходження риб у водному середовищі з важкими металами відбирали 6–8 риб та піддавали їх біохімічному аналізу. Паралельно вимірювання проводили на контрольній групі риб з акваріумів без додавання токсикантів. Для проведення досліджень брали тканини з таких органів: печінки, кишківника, нирок, головного мозку та скелетних м'язів.

Отримані дані піддавали варіаційно-статистичній обробці методом малої вибірки (Vojtenko, 2019).

При визначенні ступеня відмінності середніх арифметичних двох варіаційних рядів, що порівнюються, обчислювали показники суттєвості різниці температури. Потім на підставі температурної таблиці Стюдента визначали ймовірність відмінності Р. При $P < 0,05$ відмінність оцінюється як достовірне (ймовірність відмінності понад 95 %).

Кореляційний аналіз проводили за допомогою комп'ютерної програми Statistica 5.0. Побудова діаграм здійснена за допомогою Excel.

Результати та їх обговорення

Ураховуючи важливу роль білків у метаболізмі риб, зростанні та розвитку, а також в адаптації, представлялося цікавим дослідження складу тканинних білків дворічок коропа при інтоксикації кадмієм та свинцем.

На початковому етапі інтоксикації йонами кадмію та свинцю спостерігається тенденція до зниження загального білка у всіх тканинах дворічок коропа.

Так, якщо у контрольних риб у печінці вміст загального білка становить $41,2 \pm 0,8$ мг/г вологої тканини, то на 5-й день досліду у середовищі з йонами кадмію спостерігається його зниження до $36,5 \pm 0,7$ мг/г вологої тканини, що нижче за контроль на 11,5 %, а в середовищі з йонами свинцю нижче за контроль на 18,5 %. У кишечнику дворічок коропа білок також нижче за контроль у середовищі з кадмієм і зі свинцем на 10,5 і 31,7 % відповідно. Знижується білок у червоних та білих м'язах під впливом кадмію на 20 та 10 %, а під впливом свинцю на 9 та 17,5 % відповідно до контролю. У мозковій тканині білок нижчий за контроль у середовищі з йонами кадмію на 30,1 %, а в середовищі з свинцем на 19,2 %.

Таким чином, уже на початковій стадії перебування дворічок коропа у водному середовищі з токсикантами до 5 діб характеризується зниженням кількості загального білка у всіх досліджених тканинах.

Тенденція до зниження зберігається до 15-го дня експерименту. Під впливом іонів кадмію та свинцю в печінці дворічок коропа білок нижче за контроль на 27 %. У червоних і білих м'язах у середовищі з йонами кадмію білок нижче за контроль на 31,3 і 13,4 %, а у середовищі зі свинцем на 20 %. У ці терміни інтоксикації кадмієм і свинцем білок нижче за контроль у мозковій тканині на 25,1 і 16,4 % відповідно (рис. 1 і 2).

Пролонгування дворічок коропа до 30 днів у середовищі з йонами кадмію призводить до подальшого зниження білка у всіх тканинах дворічок коропа, крім червоних м'язів, де спостерігається невелике його підвищення, але порівняно з контролем все ще нижче на 28,3 % (табл. 1).

На цьому етапі інтоксикації йонами свинцю відбувається незначне підвищення білка в печінці та кишечнику, але порівняно з контролем все ще нижче на 21 та 16 % відповідно.

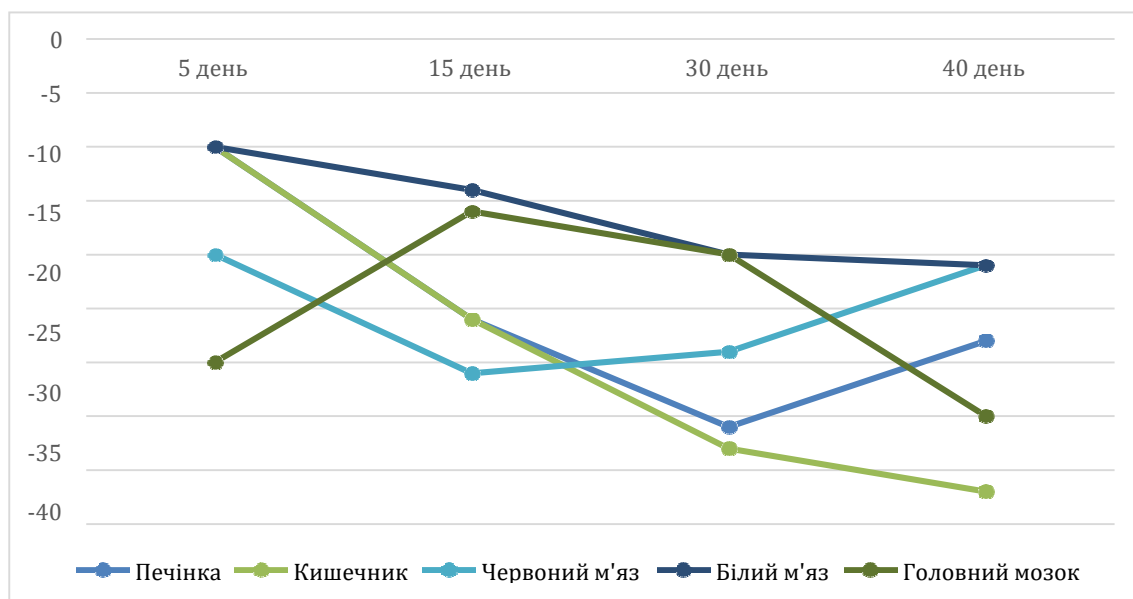


Рис. 1. Уміст білка в тканинах дворічок коропа при хронічній дії хлориду кадмію (у % до контролю)

Таблиця 1

Уміст загального білка в тканинах дворічок коропа під впливом хлориду кадмію та ацетату свинцю (мг білка/г вологої тканини) ($M \pm m$, $n=6$)

Токсикант	Тканина	Контроль	Дні експозиції			
			5-й	15-й	30-й	40-й
Хлорид кадмію (0,25 мг/л)	Печінка	41,2±0,8	36,5±0,7 P<0,01	30,4±2,1 P<0,001	26,2±2,5 P<0,001	29,6±2,0 P<0,001
	Кишечник	31,2±1,1	27,9±1,3 –	22,8±1,5 P<0,01	19,2±1,8 P<0,001	18,1±2,3 P<0,001
	Червоний м'яз	20,1±0,8	16,1±1,1 P<0,02	13,8±0,7 P<0,001	14,4±0,8 P<0,001	15,9±1,1 P<0,02
	Білий м'яз	17,1±0,7	15,4±0,5 –	14,8±1,2 –	13,6±0,6 P<0,01	13,3±0,8 P<0,01
	Головний мозок	32,2±1,4	22,5±1,1 P<0,001	26,9±1,5 P<0,05	25,8±0,7 P<0,01	20,9±1,6 P<0,001
Ацетат свинцю (0,5 мг/л)	Печінка	41,2±0,8	33,6±1,0 P<0,001	29,7±2,0 P<0,001	32,6±2,6 P<0,02	35,6±1,9 P<0,05
	Кишечник	31,2±1,1	21,3±1,3 P<0,001	25,5±0,7 P<0,01	26,2±1,1 P<0,02	27,2±1,4 P<0,5
	Червоний м'яз	20,1±0,8	18,3±0,7 –	16,1±1,0 P<0,05	14,8±0,8 P<0,01	13,0±0,9 P<0,001
	Білий м'яз	17,1±0,7	14,1±1,6 –	13,6±0,8 P<0,02	8,6±1,3 P<0,001	13,7±0,9 P<0,02
	Головний мозок	32,2±1,4	26,0±0,6 P<0,01	24,1±1,1 P<0,01	18,3±2,0 P<0,001	22,2±1,4 P<0,001

Примітка. P – ступінь достовірності результату щодо контролю.

У червоних та білих м'язах, а також у мозковій тканині дворічок коропа відбувається подальше зниження білка на 26,4, 49,7 та 43,2 %.

До 40-го дня експерименту в середовищі з токсикантами кількість білка не повертається до норми, вона все ще нижче від контролю у всіх досліджених тканинах дворічок коропа.

Значне зниження білка у всіх тканинах при інтоксикації йонами кадмію і свинцю, що спостерігається протягом усього експерименту, є, мабуть, результатом порушення фізико-хімічної структури білкових молекул і підвищенням їх атак внутрішньоклітинними протеїназами.

Таким чином, початкова стадія перебування дволітки коропа у водному середовищі з йонами свинцю до 5 діб характеризується різноспрямованими змінами залежно від типу тканини та тривалості експозиції. У печінці та кишечнику коропів максимальне зниження білка спостерігається на 5-й день експозиції в токсичному середовищі, а в червоних, білих м'язах та в мозковій тканині білок продовжує знижуватися і на 15-й день експерименту. До 30-го дня інтоксикації йонами кадмію спостерігається тенденція до підвищення вмісту білка у всіх тканинах. У печінці та кишечнику риб на 40-ву добу білок вищий за контрольні

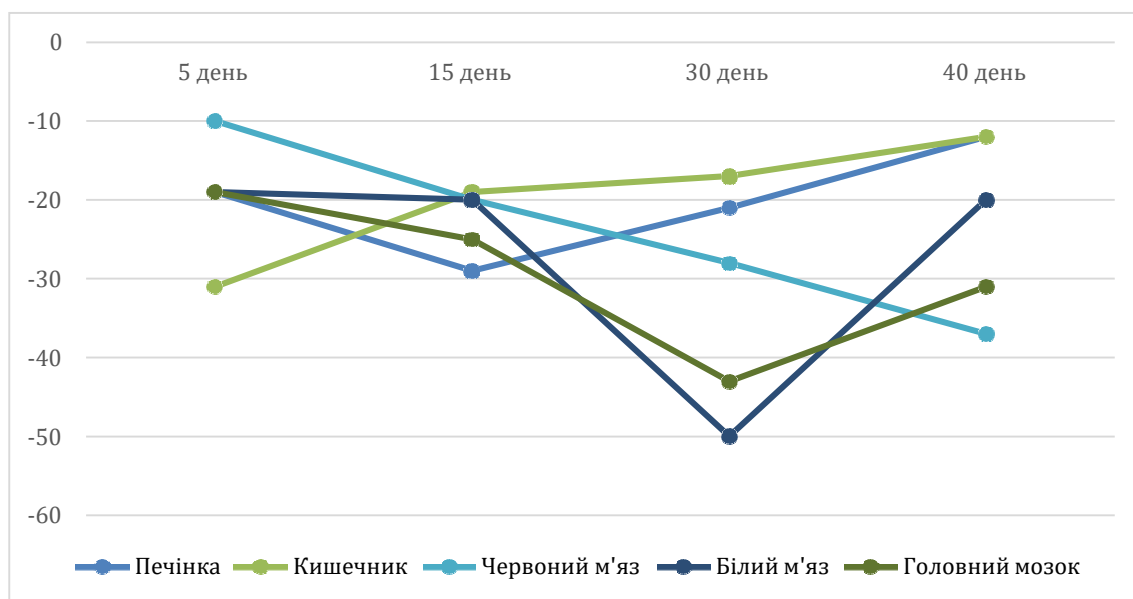


Рис. 2. Уміст білка у тканинах дворічок коропа при хронічному впливі ацетату свинцю (у % до контролю)

значення, а в інших тканинах залишається нижчим за контроль (Buleiko, 2024).

На відміну від іонів кадмію, іони свинцю практично не впливають на вміст білка в тканинах коропів.

Зниження вмісту білка в тканинах дволіток коропа при інтоксикації хлоридом кадмію та ацетатом свинцю може свідчити про інтенсифікацію використання білків для активації захисних реакцій організму.

Оскільки з літературних даних відомо, що у риб, на відміну від наземних тварин, асиміляційні процеси переважають над дисиміляційними протягом усього онтогенезу, можна зробити висновок, що вплив токсиканту на організм риб викликає зміни протягом обмінних процесів, пов'язані з розщепленням білка для забезпечення організму енергією, необхідною для захисту від дії несприятливого фактора (Vovk, Bozhyk, 2014).

Висновки

Широке використання хімічних речовин у промисловості, енергетиці, транспорті, сільському господарстві, розвиток недосконалої очисних споруд та інші причини призводять до поступового забруднення водного середовища і порушення умов проживання риб та інших водних організмів. Водні екосистеми в більшості районів нашої країни перебувають у дуже критичному стані.

Безконтрольне скидання у водойми токсикантів призводить до скорочення кормової бази, загибелі молоді риб, погіршення та обмеження вилуплюваності ікри, міграції та скорочення нерестовищ. Наслідком цього є зменшення промислових запасів і якості риби, що виловлюється і розводиться.

Перебуваючи у природних водах навіть у малих концентраціях, важкі метали надають на водні організми токсичну дію та призводять до ураження фізіологічних систем. При цьому поряд із можливою загибеллю організмів спостерігається зниження плодючості, що відбивається на відтворенні біологічних ресурсів. У зв'язку з цим виникає реальна загроза порушення рівноваги водних екосистем і в першу чергу тих, що мають рибогосподарське значення (Rainbow, & Luoma, 2011).

Дніпровське водосховище відіграє важливу роль у водозабезпеченні та енергетиці України. Проте екологічний стан цього водоймища є предметом серйозної турботи.

Механізм дії важких металів заснований на їх здатності утворювати в живих тканинах міцні зв'язки з лігандами, що містять сірку, джерелом яких можуть бути білки і низькомолекулярні тіоли (Adams, 2002).

У зв'язку з цим для розкриття механізмів видимих деградаційних змін в організмах та популяціях риб виникає потреба в ранній, швидкій та найбільш точній інформації про забруднення водного середовища важкими металами та біологічній відповіді організмів на неї. Найбільш важливі при цьому біохімічні дослідження впливу важких металів на гідробіонтів, особливо на промислові види риб. Перевагою використання біохімічних маркерів є

майже миттєва їхня реакція на погіршення стану морських акваторій, а також можливість комплексної оцінки забруднення (Moraes, & Loro 2011).

Біохімічні методи дозволяють глибше зрозуміти механізми адаптації на молекулярному рівні у відповідь на швидкий вплив стресових факторів, порушень у ланках обмінних процесів задовго до появи морфологічних, фізіологічних та інших відхилень від норми (Tchounwou et al., 2012).

Охорона навколишнього середовища в контексті дослідження впливу живлення риб на якість рибопродукції та розробки методів для поліпшення харчових властивостей риби є ключовою для забезпечення сталого використання водних ресурсів та збереження біорізноманіття.

Основні аспекти охорони навколишнього середовища включають: очищення та збереження водних ресурсів, зменшення викидів та виливів, очищення стічних вод, захист водних екосистем, зменшення викидів та забруднення повітря, ефективне використання ресурсів, контроль за викидами промислових підприємств, збереження лісів, управління відходами, переробка та вторинне використання, зменшення використання пластику, збереження біорізноманіття, створення природоохоронних територій, відновлення втрачених екосистем, стале використання природних ресурсів, сприяння відповідальному використанню, запровадження екологічно чистих технологій (Bilanyuk, 2024).

Охорона навколишнього середовища є необхідним елементом для сталого розвитку та забезпечення довгострокового благополуччя планети. Збалансований підхід до використання ресурсів та захисту екосистем визначає майбутнє нашої планети та благополуччя всіх її мешканців.

Задля збереження видового різноманіття необхідно розвивати стратегії управління рибними ресурсами, спрямовані на збереження видового різноманіття та підтримання природних популяцій риб, що забезпечує екосистемну стійкість. Установлення квот на риболовлю та обмежень на вилов деяких видів сприяє утриманню здорових популяцій риб та відновленню їхніх популяцій.

Забруднення водного середовища хімічними речовинами призводить до поступового погіршення і порушення умов проживання гідробіонтів. Розробка методів для поліпшення харчових властивостей риби має важливе значення в галузі науки, яка об'єднує між собою біологію риб, вивчення харчування та раціональне управління рибними ресурсами, екологічну стійкість тощо. За останні роки проведено значну кількість досліджень, спрямованих на використання та дослідження впливу живлення риб на якість рибопродукції в умовах забруднення водного середовища хімічними речовинами в умовах сьогодення.

На основі досліджень були розроблені методи та технології для поліпшення харчових властивостей риби, що включають в себе використання нових кормових добавок, оптимізацію раціонів, а також управління умовами утримання риб. Технології вирощування риби можуть бути налаштовані на досягнення певних харчових стандартів та покращення якості продукції.

Дослідження впливу живлення на рибу та розробка методів для поліпшення харчових властивостей риби є важливими аспектами сучасної аквакультури та рибного господарства. Ці дослідження не лише дозволяють покращити ефективність вирощування риби, але й сприяють створенню більш здорової та поживної продукції для споживачів. Подальший розвиток цієї галузі досліджень має великий потенціал для забезпечення сталого та високоякісного рибного господарства в майбутньому.

Збільшення інвестицій у наукові дослідження для розробки нових технологій та інноваційних методів у боротьбі із забрудненням важкими металами та підвищення стійкості популяцій риб – це дуже перспективне вкладання задля майбутнього нашої держави.

References

- Adams, S. M. (2002). *Ecological role of lipids in the health and success of fish populations*. In *Lipids in Freshwater Ecosystems* (pp. 253–276). Springer.
- Andrusiak, N. S. (2011). Osoblyvosti zabrudnennia pryrodnykh vodoim naftoproduktamy [Features of pollution of natural water bodies by oil products]. Aktualni problemy doslidzhennia dovkillia. Zb. nauk. prats SumDPU. Sumy. 294–297 (in Ukraine).
- Bahdai, T. V., Snitynskyi, V. V., Antoniuk, H. L. (2013). Vplyv kadmiiu na protses peroksydnogo okysnennia lipidiv i stan antyoksydantnoi systemy v klitynakh krovi koropa [The influence of cadmium on the process of lipid peroxidation and the state of the antioxidant system in carp blood cells]. Visnyk Lvivskoho natsionalnoho aharnoho universytetu: Ahronomiia, 17 (2), 406–412.
- Bilanyuk, V. I. (2024). Praktikum iz zagalnoyi gidrologiyi [Practical training in general hydrology]. Vid-vo LNU im. I. Franka. Lviv. 60 p. (in Ukraine).
- Buleiko, A. A. (2023). Tekhnohennyi vplyv na suchasnyi stan vydovoho skladu ikhtiofauny r. Samara v Novomoskovskomu raioni Dnipropetrovskoi oblasti [Technogenic influence on the current state of the species composition of the ichthyofauna of the Samara River in the Novomoskovsk district of the Dnipropetrovsk region]. Ekolohiia ta noosferolohiia, 34 (1), 49–53 (in Ukraine).
- Buleiko, A. A. (2024). Doslidzhennia vplyvu zhivlennia rib na priklyadi koropa (Cyprinus carpio L.) v umovakh zabrudnennia himichnimi rechovinami vognogo sere dovisha [Study of the impact of fish life on the example of carp (Cyprinus carpio L.) in conditions of contamination of the aquatic environment with chemical substances]. Ekologiya ta noosferologiya, 35 (1), 72–77 (in Ukraine).
- Dudnyk, S. V., Yevtushenko, M. Yu. (2013). Vodna toksykolohiia: osnovni teoretychni polozhennia ta yikhnie praktychne zastosuvannia [Aquatic toxicology: basic theoretical principles and their practical applications]. Kyiv. Vyd-vo Ukrainskoho fitosotsiologichnoho tsentru. 297 p. (in Ukraine).
- Dural, M., Goksu, M. Z. L. (2004). Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon. Food Chemistry, 85(4), 575–580.
- Dural, M., Goksu, M. Z. L., Ozak, A. A., (2007). Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon. Food Chemistry, 102(1), 415–421.
- Esmaceli Sari, A., Riyahi Bakhtiari, A., Yeganeh, S. (2010). Heavy metal concentrations in water, sediment, and tissues of Psetta maxima (Turbot) and Solea sp. (Sole) from the Southeastern Caspian Sea. Environmental Monitoring and Assessment, 170 (1–4), 85–98.
- Hliebova, Yu. A., Shkarupa, O. V. (2017). Stan rybnoi haluzi v Ukraini na pochatku yii reformuvannia [The state of the fishing industry in Ukraine at the beginning of its reform]. Naukovyi visnyk NUBiPU, 250, 7 (in Ukraine).
- Hlubokov, A. I. (1990). Zrostantia trokh vydiv ryb u rannikh periodakh ontogenezu v normi ta v umovakh toksychnoho vplyvu [Growth of three species of fish in the early stages of ontogenesis under normal conditions and under conditions of toxic exposure]. Pytannia ikhtiologia, 39, 1, 137–143 (in Ukraine).
- Humeniuk, H. B. (2010). Porivnialna kharakterystyka rozpodilu vazhkykh metaliv u hidroekosystemakh riznogo typu [Comparative characteristics of the distribution of heavy metals in different types of hydroecosystems]. Nauk. zapysky TNPU im. V. Hnatiuka. Ser. biol. Spets. vyp.: Hidroekolohiia, 2 (43), 139–148 (in Ukraine).
- Koval, V. O. (2013). Zminy morfolohichnykh ta fiziolo-hiobiohimichnykh pokaznykiv koropa luskato-ho pry dii ioniv svyntsiu [Changes in morphological and physiological and biochemical indicators of scaly carp under the action of lead ions]. Bioriznomanittia ta rol tvaryn v ekosystemakh: Materialy VII Mizhnarodnoi naukovo-i konferentsii. Dnipropetrovsk, Adverta, 95–96 (in Ukraine).
- Linnik, P. M., Vasilchuk, T. A., Linnik, R. P., Ignatenko, I. I. (2007). Isnuyuchi formi vazhkykh metaliv u poverhnevih vodah Ukrainy ta rol organichnih rechovin u yih migratsiyi [Existing forms of heavy metals in surface waters of Ukraine and the role of organic matter in their migration]. Metodi ta ob'yekti himichnoho analizu, 2, 2, 130–146 (in Ukraine).
- Medichna mikrobiologiya, virusologiya ta imunologiya (2011). [Medical microbiology, virology and immunology], pidruchnik dlya stud. vish. med. navch. zakladiv za redaktsiyeyu V. P. Shirobokova. Nova kniga, Vinnicya. 952 p. (in Ukraine).
- Mehed, O. B. (2013). Minlivist biokhimichnih pokaznykiv organizma koropa za diyi toksichnih umov sere dovisha [The biochemical indicators of the carp organism for the effects of toxic conditions in the environment]. Ekologichna bezpeka derzhavi: tezi dop. Vseukr. nauk.-prakt. konf. molodih uchenih ta stud. NAU, Kyiv, 169–171 (in Ukraine).
- Moraes, B. S., & Loro, V. L. (2011). Biochemical and physiological responses of Cyprinus carpio L. exposed to a commercial formulation containing glyphosate. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 60 (4), 681–689.
- Palaniappan, P. L. R. M., & Karbassi, A. R. (2006). Heavy metal concentration in surficial sediments from the northern part of the Persian Gulf. Environmental Monitoring and Assessment, 120 (1–3), 413–426.
- Rainbow, P. S., & Luoma, S. N. (2011). Metal bioavailability, detoxification, and ecological sensitivity. In Metal Ions in Life Sciences (8, pp. 403–451). Springer.
- Romanenko, V. D., Yevtushenko, M. Yu., Lynnyk, P. M. (2000). [Comprehensive assessment of the ecological state of the Dnipro basin]. Kompleksna otsinka ekolohichnoho stanu basynu Dnipra. K., 100 p. (in Ukraine).
- Soltani, N., Keshavarzi, B., Moore, F., & Tavakol, T. (2015). Ecological and human health hazards of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in road dust of Isfahan metropolis, Iran. Science of the Total Environment, 505, 712–723.
- Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. (2012). Heavy metal toxicity and the environment. In Molecular, Clinical and Environmental Toxicology (pp. 133–164). Springer.
- Voegborlo, R. B., Osa, S., Lokpo, S. (2005). Heavy metal contamination in an urban stream receiving untreated

- domestic effluent. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 9 (3), 29–34.
- Vojtenko, L. V. (2019). *Himiya z osnovami biogeohimiyi* [Chemistry with Fundamentals of Biogeochemistry]. Navchalnij posibnik. Kiyiv. P. 400 (in Ukraine).
- Vovk, N. I., Bozhyk, V. I. (2014). *Ikhtiopatolohiia: pidruchnyk.*, K: Ahrosvita, 308 p. (in Ukraine).
- Zamorov, V. V. (2015). *Ryby rodyny koropovykh (Cyprinidae) vodoim Ukrainy: dovidnyk.* V. V. Zamorov, Yu. V. Karavanskyi, I. L. Ryzhko; ONU im. I.I. Mechnykova, Biol. f-t. Odesa, Odeskyi nats. un-t, 120 p. (in Ukraine).
- Zhukov, O. V., Hubanova, N. L. (2015). *Dynamichna stiikist uhrupovannia zemnovodnykh korotkozaplavnykh lisovykh ekosystem* [Dynamic stability of a group of amphibian short-flood forest ecosystems]. *Visnyk Dnipropetrovskoho universytetu. Biolohiia, ekolohiia*, 23 (2), 161–171 (in Ukraine).