

ECOLOGY AND NOOSPHEROLOGY

ISSN 1726-1112 (Print)
ISSN 2310-4309 (Online)
Ecol. Noospher., 35(1), 72–77
doi: 10.15421/032412

Study of the influence of fish feeding on the example of carp (*Cyprinus carpio* L.) under conditions of chemical pollution of the aquatic environment

A. A. Buleyko

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

Article info

Received 20.04.2024
Received in revised form
25.05.2024
Accepted 02.06.2024

*Dnipro State Agrarian and
Economic University,
St. Serhiy Efremov, 25,
Dnipro, 49600, Ukraine.
E-mail:
alla.a.buleyko@gmail.com*

Buleyko, A. A. (2024). Study of the influence of fish feeding on the example of carp (*Cyprinus carpio* L.) under conditions of chemical pollution of the aquatic environment. *Ecology and Noospherology*, 35(1), 72–77. doi:10.15421/032412

The study of the influence of chemicals in the aquatic environment on the nutrition of fish, which lead to gradual pollution of the aquatic environment and violation of living conditions, and the development of methods for improving the nutritional properties of fish, which is an important branch of science that combines fish biology, in-depth study of nutrition and rational management, has been established fish resources and environmental sustainability. In recent years, a significant amount of research has been conducted aimed at understanding the relationships between fish nutrition, their development and the quality of fish products, the influence of chemicals on these processes in today's conditions using the example of carp (*Cyprinus carpio* L.). Analyzing the data, it was found that the quality of fish nutrition depends on the quality and composition of water, which affects the growth, development and health of fish. Considering the requirements of nutrients such as proteins, fats, vitamins and minerals, good nutrition can improve the quality of fish production. Special attention is paid to the role of proteins in the metabolism of fish using the example of cyprinus carp (*Cyprinus carpio* L.), growth and development, as well as adaptation to the interesting study of the composition of tissue proteins of carp during cadmium and lead intoxication. This year's carp (*Cyprinus carpio* L.), which is a widespread object of pond culture in Ukraine, was used for the experiment. A detailed analysis indicates that taking into account the effect of toxic substances on fish nutrition is necessary 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 for improving the quality of products, but also for ensuring compliance with safety standards and environmental sustainability in the field of aquaculture and fisheries. Such research identifies new ways to create sustainable and healthy fish populations, contributing to the coordinated development of the agro-industrial sector and the preservation of aquatic ecosystems.

Keywords: chemical substances; water environment; environmental sustainability; cadmium; lead; aquatic resources.

Дослідження впливу живлення риб на прикладі коропа (*Cyprinus carpio* L.) в умовах забруднення хімічними речовинами водного середовища

A. A. Булейко

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, Україна

Установлено вплив хімічних речовин водного середовища на живлення риб, що призводить до поступового забруднення водного середовища і порушення умов проживання та розробки методів для поліпшення харчових властивостей риби, що є важливою галуззю науки, яка об'єднує біологію риб, ґрунтове вивчення харчування та раціонального управління рибними ресурсами та екологічну стійкість. За останні роки проведено значну кількість досліджень, спрямованих на розуміння взаємозв'язків між живленням риб, їх розвитком та якістю рибопродукції, вплив хімічних речовин на ці процеси в умовах сьогодення на прикладі коропа (*Cyprinus carpio* L.). Аналізуючи дані було виявлено, що якість риб'ячого живлення залежить від якості та складу води, що впливає на ріст, розвиток та здоров'я риб. Враховуючи потреби в поживних речовинах,

таких як білки, жири, вітаміни та мінерали, вдале живлення може покращити якість рибопродукції. Особлива увага приділяється ролі білків у метаболізмі риб на прикладі цьоголітки коропа (*Cyprinus carpio* L.), зростанню та розвитку, а також адаптації цікавим дослідженням складу тканинних білків цьоголіток коропа при інтоксикації кадмієм та свинцем. Для експерименту були використані цьоголітки коропа (*Cyprinus carpio* L.), який є широко поширеним об'єктом ставкової культури в Україні. Детальний 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 у галузі аквакультури та рибного господарства. Такі дослідження визначають нові шляхи для створення стійких та здорових рибних популяцій, сприяючи в узгодженому розвитку агропромислового сектору та збереженню екосистем водних ресурсів.

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

Вступ

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 знаходяться в дуже критичному стані.

Безконтрольне скидання у водойми токсикантів призводить до скорочення кормової бази, загибелі молоді риб, міграції та скорочення нерестовищ. У результаті все це призводить до зменшення промислових запасів і якості риби, що виловлюється і розводиться (Andrusiak, 2011).

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

При вивченні водних екосистем великий інтерес дослідників до важких металів привертають сполуки цих металів, які є каталізаторами біохімічних процесів, що проходять в організмах, та сполуки у вищих концентраціях, які надають негативний вплив на гідробіонтів, що призводить до порушення гомеостазу на всіх рівнях – від молекулярного до організмowego (Jeziarska, Witeska, 2006).

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 відображається на відтворенні біологічних ресурсів. У зв'язку з цим виникає реальна загроза порушення рівноваги водних екосистем і у першу чергу тих, що мають рибогосподарське значення (Rainbow, & Luoma, 2011).

У біоценозах водних екосистем риби займають верхній трофічний рівень і, як рівні нижче, відіграють виключно важливу роль у поведінці важких металів. Основними «воротами» попадання 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, Goksu, Ozak, 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).

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).

Тяжкі метали знижують активність металоферментів, порушуючи при цьому багато метаболічних процесів, змінюють співвідношення формених елементів крові, проникність мембран, інгібують окисне фосфорилування, синтез нуклеїнових кислот та білків (Kim, 2013).

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 біологічну відповідь організмів на неї. Найбільш важливі при цьому біохімічні дослідження впливу важких металів на гідробіонти, 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 (Kim, 2013).

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.

У літературі накопичилося багато відомостей про виборчу акумуляцію важких металів у різних органах риб (Antoniak, Bahdai, et al., 2015; Vovk, Bozhyk, 2014). Однак їхній вплив на обмін речовин у внутрішніх органах слабо вивчений. Знання особливостей впливу токсикантів на риб представляє інтерес для оцінки небезпеки тих чи інших забруднювачів водного середовища для людини (Soltani, et al., 2015).

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).

Риба – це основний мешканець водойм, продукт, який використовується людиною, і є завершальною ланкою трофічних ланцюгів у своєму середовищі, а саме тому й відзначається найбільшим накопиченням металів у своєму організмі.

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 в печінці. Цинк максимально накопичується в покривних тканинах у 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. Концентрації кадмію в печінці оселедця та мінтаю перевищували нормовані величини в 2–4 рази (Hlubokov, 1990).

Для дослідження механізму накопичення кадмію та ступеня його впливу на структуру тканин однорічок 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, Snitynskyi, Antoniuk, 2013).

Кадмій значно впливає на захисні системи організму риб. Він викликає посилення індукції С-реактивного білка

та металу (Koval, 2013). Змінюється і 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, Snitynskyi, Antoniak, 2013).

Матеріали та методи досліджень

Дніпровське водосховище, з якого виловлювались риби, знаходиться на річці Дніпро у Запорізькій та Дніпропетровській 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 лесоподібних суглинків та пісків (Buleiko, 2007), є виходи гранітів. Висота берегів – до 10 м. Водобмін у водосховищі відбувається 12–14 разів на рік. Коливання рівня води до 2,9 м (Romanenko, Yevtushenko, Lynnyk, 2000).

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

Водосховища Дніпровських каскадів мають відносно невеликі глибини та великі мілководні ділянки. Через повільний водобмін 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 виловлені риби.

Об'єктами досліджень були використані цьоголітки коропа (*Suprinus carpio L.*). Короп (*Suprinus 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 (Zamorov, 2015; Buleiko, 2023).

Цьогорічні коропи, які досягли віку 6 місяців та маси тіла від 100 до 150 г, були вирощені на нижній ділянці Дніпровського водосховища, заради досліджень були виловлені та переміщені до акваріумів, де в кожному було розміщено від 10 до 15 особин.

Моделювання хронічного забруднення водного середовища важкими металами проводилось у лабораторних умовах. Контролем у всіх дослідках служили риби, що витримувались у чистій воді.

Результати та їх обговорення

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

Дослідження показали, що дія теплового шоку та гіпоксії індукує підвищення синтезу білків. Через 12 діб експозиції в сублетальних концентраціях нафти (50, 100 мг/л) у крові коропа вміст гемоглобіну, загального білка та глюкози був вищим, ніж у контролі, але чим вища концентрація нафти у воді, тим рівень білка був нижчим (Andrusiak, 2011).

Таким чином, наведені матеріали підтверджують усю складність та різноманітність реакцій білкового обміну в процесі нормальної життєдіяльності організму риб та при дії антропогенних факторів середовища.

Результати дослідження представлені в табл. 1 та на рис. 1 і 2.

Зміст білків піддається змін у тканинах коропа вже на початковому етапі інтоксикації. Так, якщо у контрольних риб у печінці вміст загального білка становить 31,05±1,1 мг/г вологої тканини, то на 5-й день перебування коропів у середовищі з іонами кадмію призводить до зниження його кількості до 17,8±1,1 мг/г вологої тканини, що нижче контролю на 42,7 %, а в середовищі з іонами свинцю вона не відрізняється від контролю. У кишечнику білок знижується з 26,05±1,7 мг/г вологої тканини (контролі) до 10,4±0,7 мг/г вологої тканини (5-й день експерименту), тобто на 60 і 18,6 %, як у середовищі з іонами кадмію та свинцю. У червоних та білих м'язах у контролі білок становить 30,2±0,5 та 24,7±0,6 мг/г вологої тканини. При 5-денній інтоксикації іонами кадмію та свинцю вона знижується у червоних м'язах на 42,4 та 9,3 %, а в білих на 34,8 та 15,4 %. У мозковій тканині у контролі білок дорівнює 34,3±0,6 мг/г вологої тканини. На даному етапі інтоксикації кількість білка в мозку цьоголіток коропа знижується в середовищі з іонами кадмію на 31,8 %, а в середовищі з іонами свинцю не відрізняється від контролю.

На 15-й день експерименту в середовищі з іонами кадмію кількість білка в печінці та кишечнику все ще нижче контролю на 33,6 і 40,9 %, а в середовищі з іонами свинцю мало відрізняється від контролю.

У червоних і білих м'язах коропа білок продовжує знижуватися і становить у середовищі з іонами кадмію 58,3 і 46,9 %, а в середовищі з іонами свинцю білок у червоних м'язах не відрізняється від контролю, тоді як у білих вона нижча на 13,4 %.

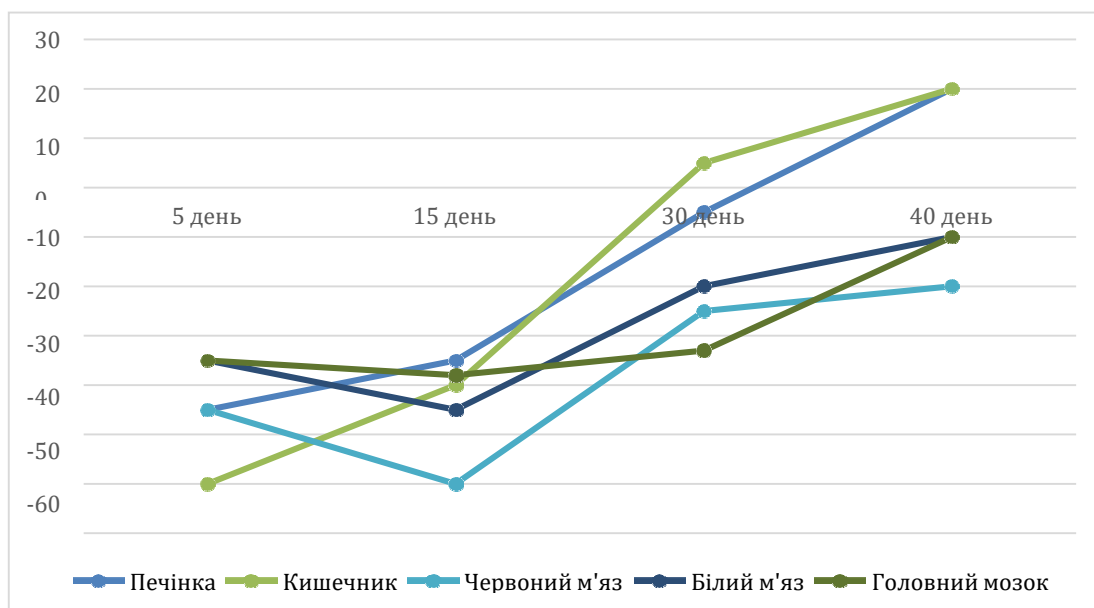


Рис. 1. Уміст білка в тканинах цьоголіток коропа при хронічній дії хлориду кадмію (у % до контролю)

Таблиця 1

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

Токсиканти	Тканина	Контроль	Дні експозиції			
			5	15	30	40
Хлорид кадмію (0,25 мг/л)	Печінка	31,05±2,0	17,8±1,1 P<0,001	20,6±0,8 P<0,001	29,8±0,5	37,2±1,5 P<0,05
	Кишечник	26,05±1,7	10,4±1,6 P<0,001	15,4±0,8 P<0,001	26,9±0,6	30,4±0,5 P<0,05
	Червоний м'яз	30,2±0,6	17,4±1,8 P<0,001	12,6±1,1 P<0,001	22,1±1,6 P<0,01	24,9±1,2 P<0,01
	Білий м'яз	24,7±0,6	16,1±1,5 P<0,001	13,1±1,2 P<0,001	19,6±0,6 P<0,001	21,5±0,6 P<0,01
	Головний мозок	34,3±0,6	23,4±1,6 P<0,001	21,8±1,9 P<0,001	23,4±1,8 P<0,001	30,9±0,8 P<0,01
Ацетат свинцю (0,5 мг/л)	Печінка	31,05±2,0	30,4±1,6	32,2±0,3	33,2±0,3	34,1±0,4 P<0,05
	Кишечник	26,05±1,7	21,2±0,4 P<0,05	24,6±0,4	25,7±0,2	27,7±0,5
	Червоний м'яз	30,2±0,6	27,4±0,3 P<0,01	29,6±2,1	31,3±0,5	32,6±0,4 P<0,01
	Білий м'яз	24,7±0,6	20,9±0,3 P<0,001	21,4±0,2 P<0,001	21,7±0,3 P<0,001	22,7±0,3 P<0,01
	Головний мозок	34,3±0,6	33,1±0,3	31,8±0,02 P<0,01	32,4±0,2 P<0,02	33,0±0,3

Примітка: P – ступінь достовірності результату щодо контролю.

У мозковій тканині риб кількість білка теж нижче контролю у середовищі з іонами кадмію на 36,4 % та в середовищі з іонами свинцю на рівні контролю.

При перебуванні коропів у токсичному середовищі з іонами кадмію до 30 днів у печінці та кишечнику кількість загального білка не відрізняється порівняно з контролем. У червоних м'язах білок нижче за контроль на 26,8 %. У ці самі терміни інтоксикації кількість загального білка в білих м'язах та мозковій тканині все ще нижча за контроль на 20,6 і 31,8 % відповідно.

Під впливом іонів свинцю на 30-й день експерименту в печінці, кишечнику, червоних м'язах та мозковій тканині коропа білок практично на рівні норми, а в білих м'язах він нижчий за контроль на 12 %. До 40-го дня експерименту кількість білка під впливом кадмію та свинцю вище контролю у печінці та кишечнику на 19,8 та 16,7 %, а під впливом іонів свинцю спостерігається лише тенденція до підвищення. На даному етапі інтоксикації йонами кадмію в червоних та білих м'язах та мозковій тканині білок нижче контролю.

У ці терміни інтоксикації в середовищі з іонами свинцю в червоних м'язах білок все ще вищий за контроль, а в білих м'язах і мозковій тканині білок підвищується в порівнянні з 30-м днем експерименту, але в порівнянні з контрольними значеннями нижче (рис. 2).

Таким чином, початкова стадія перебування цьоголіток коропа у водному середовищі з іонами свинцю до 5 днів 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 значення, а в інших тканинах залишається нижчим за контроль.

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

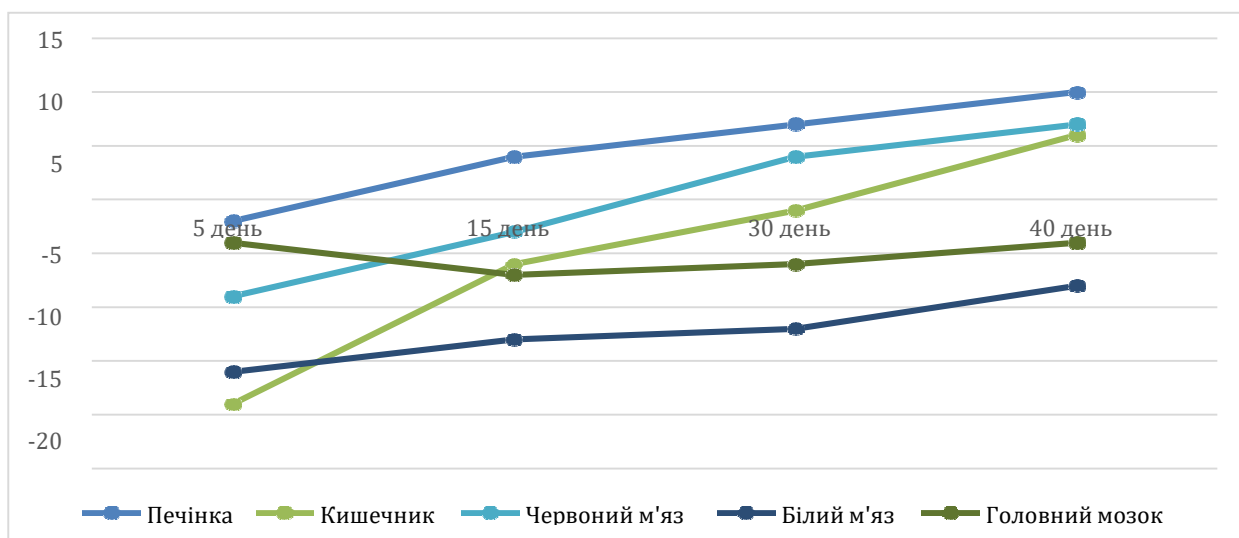


Рис. 2. Уміст білка в тканинах цьоголіток коропа при хронічному впливі ацетату свинцю (у % до контролю)

Зниження вмісту білка в тканинах цьоголіток коропа при інтоксикації хлоридом кадмію та ацетатом свинцю може свідчити про інтенсифікацію використання білків для активації захисних реакцій організму. Підвищення білка в окремих випадках може бути пов'язане з посиленням синтезу різних стресових білків та металотіонеїнів – біомаркерів на присутність важких металів (Bahdai, Snitynskyi, Antoniuk, 2013).

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, Vozhuk, 2014).

Висновки

Дніпровське водосховище, розташоване на річці Дніпро, відіграє важливу роль у водозабезпеченні та енергетиці України. Проте екологічний стан цього водоймища є предметом серйозної турботи через велику кількість промислових, сільськогосподарських та міських викидів.

Значна кількість тяжких металів, агрохімікатів та інших забруднювальних речовин потрапляє у водосховище через стоки з промислових підприємств та сільськогосподарських полів. Це може призводити до накопичення токсичних сполук у воді та донних осадах.

Забруднення води та донних осадів важкими металами може призводити до серйозних проблем для здоров'я та популяції коропа. Ці риби, які є ключовими для водної біорізноманітності, можуть накопичувати токсичні сполуки у своєму організмі через харчовий ланцюг, що може впливати на їхню життєздатність та репродукцію. Зміни в середовищі можуть впливати на структуру популяції коропа. Перешкоди в міграції та зміни в умовах розмноження можуть призводити до зменшення чисельності та різноманіття цього виду риби.

Екологічний стан Дніпровського водосховища та його вплив на популяцію коропа вимагає комплексних заходів для забезпечення сталого використання водних ресурсів та збереження біорізноманітності в даному регіоні. Необхідно активно впроваджувати екологічні програми та моніторингові заходи для забезпечення ефективного управління водними ресурсами та охорони риб'ячих популяцій.

Охорона навколишнього середовища – це система заходів, стратегій та політичних рішень, спрямованих на збереження та поліпшення якості природного середовища для забезпечення здоров'я людей, збереження біорізноманіття та створення сталого розвитку. Ця тема охоплює широкий спектр питань, включаючи захист водних та повітряних ресурсів, збереження природних екосистем, використання альтернативних джерел енергії, управління відходами та багато іншого.

Дослідження впливу живлення риб на якість рибопродукції та розробка методів для поліпшення харчових властивостей риби є важливою галуззю науки, яка об'єднує біологію риб, ґрунтове вивчення харчування та раціонального управління рибними ресурсами. За останні роки проведено значну кількість досліджень, спрямованих на розуміння взаємозв'язків між живленням риб, їх розвитком та якістю рибопродукції.

Аналізуючи дані було встановлено, що якість риб'ячого живлення впливає на ріст, розвиток та здоров'я риб. Ураховуючи потреби в поживних речовинах, таких як білки, жири, вітаміни та мінерали, вдале живлення може покращити якість рибопродукції. Особливу увагу приділяють оптимальному співвідношенню основних

компонентів харчування для розвитку риб та формування їхнього м'язового масиву.

Дослідження впливу живлення на рибу та розробка методів для поліпшення харчових властивостей риби стають ще актуальнішими, ураховуючи зміни в органах коропових риб на різних рівнях життя під впливом солей важких металів. Детальний 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. Такі дослідження визначають нові шляхи для створення стійких та здорових рибних популяцій, сприяючи в узгодженому розвитку агропромислового сектору та збереженню екосистем водних ресурсів.

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.

References

- Adams, S. M. (2002). Ecological role of lipids in the health and success of fish populations. In: *Lipids in Freshwater Ecosystems*, Springer, 253–276.
- Andrusiak, N. S. (2011). Osoblyvosti zabrudnennia pryrodnykh vodoim naftoproduktamy [Features of pollution of natural water bodies by oil products]. *Aktualni problemy doslidzhennia dovkillia*, 294–297 (in Ukrainian).
- Antoniuk, H. L., Bahdai, T. V., Pershyn, O. I., Bubys, O. Ie., Panas, N. Ie., Oleksiuk, N. P. (2015). Metaly u vodnykh ekosystemakh ta yikh vplyv na hidrobiontiv [Metals in aquatic ecosystems and their impact on hydrobionts]. *Biolohiia tvaryn*, 17(2), 9–24 (in Ukrainian).
- Bahdai, T. V., Snitynskyi, V. V., Antoniuk, H. L. (2013). Vplyv kadmiu na protsesy peroksydnoho 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 (in Ukrainian).
- [Buleiko, A. A. \(2023\). Tekhnogennyi vplyv na suchasnyi stan vydivoho skladu ikhtiofauny r. Samara v Novomoskovskomu raioni Dnipropetrovskoi oblasti \[Technogenic influence on the current state of the species composition of the ichthyofauna of the Samara River in the Novomoskovsk district of the Dnipropetrovsk region\]. *Ekology and noospherology*, 34\(1\), 49–53 \(in Ukrainian\).](#)
- Buleiko, A. A. (2007). Mikromorfologicheskie osobennosti edafotopov pod kustarnikovyimi tsenozami terna Prunus spinosa L. [Mikromorphological features of edaphotops under shrub cenoses of blackthorn Prunus spinosa L.]. *Gruntoznavstvo*, 8(1-2), 149–150 (in Russian).
- 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.

- 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 Ukrainian).
- Hlubokov, A. I. (1990). Zrostannia 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 ikhtiologii*, 39(1), 137–143 (in Ukrainian).
- Humeniuk, H. B. (2010). Porivnialna kharakterystyka rozpodilu vazhkykh metaliv u hidroekosystemakh riznoho typu [Comparative characteristics of the distribution of heavy metals in different types of hydroecosystems]. *Nauk. zapysky TNPU im. V. Hnatiuka. Ser. biol. Spets. vyp.: Hidroekologhiia*, 2(43), 139–148 (in Ukrainian).
- Jezierska, B., Witeska, M. (2006). The metal uptake and accumulation in fish living in polluted waters. *Soil and Sediment Contamination*, 15(5), 429–451.
- Kim, S.-K. (2013). *Marine Proteins and Peptides: Biological Activities and Applications*; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA.
- Koval, V. O. (2013). Zminy morfolohichnykh ta fizioloho-biokhimichnykh pokaznykiv koropa luskatoho 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 naukovoï konferentsii. Dnipropetrovsk, Adverta*, 95–96 (in Ukrainian).
- Rainbow, P. S., & Luoma, S. N. (2011). Metal bioavailability, detoxification, and ecological sensitivity. In: *Metal Ions in Life Sciences*, 8, 403–451.
- Romanenko, V. D., Yevtushenko, M. Iu., Lynnyk, P. M. (2000). *Kompleksna otsinka ekolohichnoho stanu baseinu Dnipra [Comprehensive assessment of the ecological state of the Dnipro basin]*. Kyiv, 100 p. (in Ukrainian).
- 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.
- Vovk, N. I., Bozhyk, V. I. (2014). *Ikhtiopatologhiia*. Kyiv, Ahrosvita (in Ukrainian).
- Zamorov, V. V. (2015). *Ryby rodyny koropovykh (Cyprinidae) vodoim Ukrainy: dovidnyk*, V. V. Zamorov, Yu. V. Karavanskyi, I. L. Ryzhko. Odesa, 120 p. (in Ukrainian).
- 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. Biologhiia, ekolohiia*, 23(2), 161–171 (in Ukrainian).