МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЇ, БІОРЕСУРСІВ ТА ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Спеціальність H5 Водні біоресурси та аквакультура

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри водних біоресурсів
та аквакультури,
професор _____ Н.Є. Гриневич
«_16_» _____11_____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОРМОВИХ ДОБАВОК НА РИБНИЦЬКО-БІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ КОРОПА В УМОВАХ ТОВ «СКВИРАПЛЕМРИБГОСП» КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ»

Виконала:
_____**Контуш Анастасія Олександрівна**

Керівник: канд. вет. наук, доцент кафедри водних біоресурсів та аквакультури,
_____**Присяжнюк Наталія Михайлівна**

Рецензент: _____
професор Гриневич Н.Є.
_____

Біла Церква – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Екологічний факультет
Спеціальність Н5 Водні біоресурси та аквакультура

ЗАТВЕРДЖУЮ
Гарант ОП «Водні біоресурси та аквакультура» другого (магістерського) рівня вищої освіти,
професор _____ Н.Є. Гриневич
«13» 05 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу здобувача

Контуш Анастасії Олександрівни
/Прізвище, ім`я, по батькові/

Тема: «Дослідження впливу кормових добавок на рибницько-біологічні показники коропа в умовах ТОВ «Сквираплемрибгосп» Київської області»

Затверджено наказом ректора №477/с від 12 11 2026
Термін здачі здобувачем готової кваліфікаційної роботи в деканат
до «10» 11 2026 р.
Перелік питань, що розроблятимуться в роботі. Вихідні дані: *охарактеризувати природно-географічні, гідрологічні та виробничо-технологічні особливості функціонування ТОВ «Сквираплемрибгосп»; провести аналіз динаміки росту цьоголіток коропа за використання різних форм цинку в комбікормах; провести оцінку гематологічних показників крові та морфологічний склад тіла; дослідити стан органів і систем, хімічний склад мязової тканини та органолептику; провести економічну оцінку використання різних форм цинку в комбікормах для коропа.*
Календарний план виконання роботи

Етапи виконання роботи	Дата виконання етапу	Відмітка про виконання
Огляд літератури	до 15.09.2026	виконано
Методична частина	до 21.09.2026	виконано
Дослідницька частина	до 09.10.2026	виконано
Оформлення роботи	до 27.10.2026	виконано
Перевірка на плагіат	до 05.11.2026	виконано
Подання на рецензування	до 10.11.2026	виконано
Попередній розгляд на кафедрі	16.11.2026	виконано

Керівник кваліфікаційної роботи _____ *доцент Присяжнюк Н.М.*
(підпис) (вчене звання, прізвище, ініціали)

Здобувач _____ *Контуш А.О.*
(підпис) (прізвище, ініціали)

Дата отримання завдання «13» 05 2025 р.

БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ДЕКЛАРАЦІЯ

про дотримання академічної доброчесності під час виконання кваліфікаційної роботи

Я, Контуш Анастасія Олександрівна.

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача вищої освіти)

здобувач(ка) магістерського рівня вищої освіти за освітньою програмою Водні біоресурси та аквакультура.

підтверджую, що кваліфікаційну роботу з теми:

«Дослідження впливу кормових добавок на рибницько-біологічні показники коропа в умовах ТОВ „Сквирарибгосп Київської області"»

виконано мною з дотриманням принципів і правил академічної доброчесності.

Підтверджую, що:

- роботу виконано особисто на основі власних розробок і суджень;
- у роботі належним чином зазначено авторство та джерела використаних текстів, ідей, даних, зображень та інших матеріалів;
- наведені результати дослідження, дані та висновки є достовірними;
- робота не містить свідомо сфабрикованої чи сфальсифікованої інформації.

У процесі виконання роботи було використано інструменти штучного інтелекту, зокрема для оформлення та редагування тексту (ChatGPT), для перекладу тексту (ChatGPT). Відомості про це наведено в роботі згідно з вимогами законодавства та встановленими правилами академічної доброчесності.

Я усвідомлюю відповідальність за зміст кваліфікаційної роботи та дотримання вимог академічної доброчесності під час її підготовки.

Дата: 10.11.26

Здобувач(ка) вищої освіти: _____

(підпис / кваліфікований електронний підпис)

ЗМІСТ

стор

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ 3
РЕФЕРАТ 4
ВСТУП 6
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ 9
1.1. Фізіолого-біохімічна роль мікроелементів у організмі риб та наслідки порушення мінерального гомеостазу 9
1.2. Особливості мінерального живлення риб, біологічна доступність макро- і мікроелементів та їх нормування в кормових раціонах 17
1.3. Неорганічні та органічні форми цинку в годівлі коропа: біологічна доступність, фізіолого-біохімічна дія та ефективність застосування 22
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ 30
РОЗДІЛ 3. ВЛАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ 35
3.1. Природно-географічні, гідрологічні та виробничо-технологічні особливості функціонування ТОВ «Сквираплемрибгосп» 35
3.2. Аналіз динаміки росту цьоголіток коропа за використання різних форм цинку в комбікормах 40
3.3. Оцінка гематологічних показників цьоголіток коропа за використання різних форм цинку в комбікормах 43
3.4. Характеристика морфологічного складу тіла та виходу їстівних частин коропа за використання різних форм цинку в комбікормах 47
3.5. Дослідження морфологічного стану органів і систем коропа за використання різних форм цинку в комбікормах 50
3.6. Дослідження хімічного складу м’язової тканини та органолептичних властивостей продукції коропа за використання різних форм цинку в комбікормах 53
3.7. Розрахункова економічна оцінка використання різних форм цинку в комбікормах для коропа 57
ВИСНОВКИ 62
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ 64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 65

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ТОВ – товариство з обмеженою відповідальністю

B_{12} – кобаламін

Cyprinus carpio – короп звичайний

$ZnCO_3$ – карбонат цинку

$ZnSO_4$ – сульфат цинку

ZnO – оксид цинку

pH – водневий показник

фл – фемтолітр

ВНДІПРГ – інкубатор Всесоюзного науково-дослідного інституту ставкового рибного господарства (вертикального типу)

ІВЛ – інкубатор вертикальний для личинок,

пг – пікограми

РЕФЕРАТ

Контуш А.О. Дослідження впливу кормових добавок на рибницько-біологічні показники коропа в умовах ТОВ «Сквираплемрибгосп» Київської області»

Досліджено вплив заміщення неорганічної форми цинку органічним комплексом у складі комбікормів на інтенсивність росту, продукційні показники, хімічний склад м'язової тканини, органолептичні характеристики продукції та економічну ефективність вирощування коропа (*Cyprinus carpio*).

Використано загальнонаукові та спеціальні методи дослідження, зокрема аналіз і узагальнення наукової літератури, метод груп-аналогів, експериментальний, іхтіологічний, біометричний, фізико-хімічний, органолептичний, порівняльний та розрахунково-економічний методи.

Встановлено, що часткове заміщення неорганічної форми цинку органічним комплексом супроводжувалося покращенням окремих продукційних показників коропа. Найвищий абсолютний приріст маси тіла однієї риби отримано у другій дослідній групі за 25 % заміщення – 69,87 г, що на 8,12 % перевищувало контрольний показник. За 15 % заміщення приріст становив 69,58 г, або на 7,68 % більше порівняно з контролем. Найвищий вміст сирого протеїну (21,66 %), жиру (3,05 %) та золи (1,52 %) у м'язовій тканині, а також найкращі органолептичні оцінки продукції встановлено у третій дослідній групі. Найменший кормовий коефіцієнт (2,00 кг/кг) і найнижчу розрахункову вартість корму на одиницю приросту біомаси (60,11 грн/кг) отримано у другій дослідній групі.

Зроблено висновок, що часткове заміщення неорганічної форми цинку органічним комплексом у складі комбікормів супроводжується позитивними змінами окремих рибницько-біологічних показників коропа. За інтенсивністю приросту та розрахунковою ефективністю використання корму перевагу мав варіант із 25 % заміщення, тоді як за хімічним складом м'язової тканини й органолептичними характеристиками продукції – варіант із 15 % заміщення.

Одержані результати можуть бути використані для вдосконалення рецептур комбікормів у коропівництві, обґрунтування доцільності застосування органічних форм цинку в годівлі риб, а також під час проведення подальших досліджень щодо підвищення продуктивності, якості рибної продукції та ефективності використання кормів.

Кваліфікаційна робота бакалавра містить 72 сторінки, 10 таблиць, 5 рисунків, список використаних джерел із 62 найменувань.

Ключові слова: короп, *Cyprinus carpio*, кормові добавки, цинк, інтенсивність росту, приріст маси тіла, хімічний склад м'язової тканини, органолептичні показники.

ANNOTATION

Kontush A. O. Investigation of the Effects of Feed Additives on the Fishery and Biological Performance of Carp at Skvyraplemrybhosp LLC, Kyiv Region

The study investigated the effects of replacing inorganic zinc with an organic zinc complex in compound feeds on growth rate, production performance, muscle tissue chemical composition, organoleptic characteristics of fish products, and the economic efficiency of carp (*Cyprinus carpio*) farming.

The research employed general scientific and specialized methods, including analysis and synthesis of scientific literature, the matched-group method, experimental, ichthyological, biometric, physicochemical, organoleptic, comparative, and economic calculation methods.

It was established that partial replacement of inorganic zinc with an organic zinc complex was associated with improvements in certain production performance indicators of carp. The highest absolute body weight gain per fish was recorded in the second experimental group at a 25% replacement level, reaching 69.87 g, which was 8.12% higher than in the control group. At a 15% replacement level, body weight gain was 69.58 g, exceeding the control value by 7.68%. The highest crude protein (21.66%), crude fat (3.05%), and ash (1.52%) contents in muscle tissue, as well as the highest organoleptic scores, were recorded in the third experimental group. The lowest feed conversion ratio (2.00 kg/kg) and the lowest calculated feed cost per unit of biomass gain (UAH 60.11/kg) were obtained in the second experimental group.

It was concluded that partial replacement of inorganic zinc with an organic zinc complex in compound feeds was associated with positive changes in certain fishery and biological performance indicators of carp. The treatment involving 25% replacement demonstrated an advantage in terms of body weight gain and calculated feed utilization efficiency, whereas the 15% replacement treatment showed better results in terms of muscle tissue chemical composition and organoleptic characteristics of the products.

The obtained results may be used to improve compound feed formulations in carp farming, substantiate the feasibility of using organic forms of zinc in fish nutrition, and support further research aimed at increasing fish productivity, improving fish product quality, and enhancing feed utilization efficiency.

The bachelor's qualification thesis comprises 72 pages, 10 tables, 5 figures, and a list of 62 references.

Keywords: carp, *Cyprinus carpio*, feed additives, zinc, growth rate, body weight gain, muscle tissue chemical composition, organoleptic characteristics.

ВСТУП

Рибництво є важливою складовою аграрного сектору економіки України, що забезпечує виробництво цінної харчової продукції, раціональне використання водних ресурсів і розвиток прісноводної аквакультури. Одним із традиційних напрямів рибогосподарського виробництва залишається ставове рибництво, провідне місце в якому посідає короп (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758). Завдяки високій екологічній пластичності, здатності використовувати природні та штучні корми, інтенсивному росту за сприятливих умов вирощування та значній господарській цінності короп є одним з основних об'єктів культивування у прісноводних рибогосподарських підприємствах [38, 47, 52].

Ефективність вирощування коропа залежить від комплексу природних і технологічних чинників, серед яких важливе значення мають якість рибопосадкового матеріалу, щільність посадки, гідрохімічний режим водойм, стан природної кормової бази та організація повноцінної годівлі. Забезпечення риби збалансованими кормовими раціонами сприяє нормальному перебігу метаболічних процесів, реалізації ростового потенціалу та підвищенню ефективності використання кормових ресурсів. У зв'язку з цим удосконалення складу комбікормів, зокрема їхнього мінерального компонента, є важливим напрямом розвитку сучасних технологій аквакультури [3, 15, 38].

Мінеральні речовини відіграють важливу роль у забезпеченні фізіологічних функцій організму риб, беручи участь у регуляції обмінних процесів, функціонуванні ферментативних систем, формуванні тканин і підтриманні фізіологічного гомеостазу. Особливістю мінерального живлення риб є здатність засвоювати окремі елементи як із корму, так і безпосередньо з водного середовища. Проте їхня концентрація та біологічна доступність не завжди забезпечують потреби організму, особливо за інтенсивних умов вирощування. Тому збалансоване надходження макро- та мікроелементів із

кормом є необхідною умовою нормального росту, розвитку та підтримання фізіологічного стану риб [3, 15].

Серед есенціальних мікроелементів особливе значення має цинк, який бере участь у численних фізіолого-біохімічних процесах. Він входить до складу або забезпечує функціонування багатьох ферментів, залучений до синтезу білків і нуклеїнових кислот, регуляції обмінних процесів, клітинного поділу та відновлення тканин. Достатнє забезпечення організму цинком є важливим для нормального росту, функціонування імунної та антиоксидантної систем і підтримання фізіологічного гомеостазу. Водночас як дефіцит, так і надлишкове надходження цього мікроелемента можуть негативно впливати на метаболічні процеси та продуктивні показники риб [3, 10, 15, 31].

Ефективність використання цинку в годівлі риб визначається не лише його концентрацією у кормі, а й хімічною формою сполуки, у складі якої він надходить до організму. Традиційними джерелами цього мікроелемента є неорганічні сполуки, зокрема оксиди, сульфати та карбонати. Водночас науковий інтерес становлять органічні комплексні форми цинку, які можуть відрізнятися за біологічною доступністю та особливостями засвоєння. Результати досліджень свідчать про залежність ростових і фізіологічних показників коропа від джерела та рівня введення цинку до кормового раціону, що обґрунтовує необхідність подальшого порівняльного оцінювання його різних хімічних форм [6, 10, 11, 16].

Перспективним напрямом удосконалення мінерального живлення риб є використання змішанолігандних комплексів цинку, у яких іони металу координовані з органічними лігандами. Особливості хімічної будови таких сполук можуть впливати на їхню стабільність, взаємодію з компонентами корму та засвоєння організмом. Питання оптимізації кормових раціонів прісноводних риб за використання органічних сполук мінералів розглядалося, зокрема, у роботі О. М. Череп (2022) [56]. Проте ефективність застосування конкретних комплексних форм цинку залежить від їхнього складу, рівня

введення до корму, фізіологічного стану риб та умов вирощування, тому потребує експериментального підтвердження.

Особливий науковий і практичний інтерес становить дослідження впливу часткового заміщення карбонату цинку змішанолігандним комплексом цинку у складі кормових раціонів коропа. Порівняльне оцінювання різних джерел цього мікроелемента дає змогу встановити особливості росту риб, динаміки їхньої живої маси, виживаності, ефективності використання кормів і змін окремих фізіологічних показників. Важливим є також визначення економічної доцільності застосування досліджуваної добавки з урахуванням її вартості та отриманих виробничих результатів.

Таким чином, актуальність дослідження зумовлена необхідністю наукового обґрунтування використання різних хімічних форм цинку в годівлі коропа з метою оптимізації мінерального живлення, підтримання належного фізіологічного стану та підвищення ефективності вирощування. Експериментальне оцінювання впливу часткового заміщення неорганічного джерела цинку його змішанолігандним комплексом дозволить визначити доцільність застосування такої кормової добавки за конкретних умов культивування риб.

РОЗДІЛ 1
ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Фізіолого-біохімічна роль мікроелементів у організмі риб та наслідки порушення мінерального гомеостазу

Мінеральні елементи є необхідними компонентами живлення риб, оскільки забезпечують перебіг численних фізіолого-біохімічних процесів, беруть участь у формуванні тканин, регуляції ферментативної активності, підтриманні осмотичної рівноваги та функціонуванні основних систем організму. Особливості мінерального обміну гідробіонтів зумовлені їхнім безпосереднім зв’язком із водним середовищем, яке є не лише середовищем існування, а й додатковим джерелом окремих мінеральних компонентів. Надходження мінеральних елементів відбувається з кормом, а для деяких розчинених іонів важливе значення має також поглинання через зябровий апарат [3, 15, 34].

Узагальнюючи сучасні наукові уявлення про мінеральний обмін риб, S. P. Lall та S. J. Kaushik (2021) розглянули механізми надходження, засвоєння, транспортування та використання мінеральних елементів організмом. Автори наголошують, що ефективність мінерального забезпечення визначається не лише кількісним вмістом відповідних речовин у раціоні, а й їхньою хімічною формою, біологічною доступністю, взаємодією з іншими компонентами корму та характеристиками водного середовища [15].

Важливий внесок у систематизацію знань щодо потреб риб у мінеральних елементах зробили P. Antony Jesu Prabhu, J. W. Schrama та S. J. Kaushik (2016). На основі систематичного аналізу наукових публікацій дослідники охарактеризували особливості нормування мінеральних компонентів у годівлі різних видів риб. Вони звернули увагу на необхідність комплексного оцінювання забезпеченості організму мінеральними речовинами, оскільки інтенсивність росту не завжди повною мірою

відображає їхню фізіологічну достатність. Додатковими критеріями можуть бути накопичення елементів у тканинах, стан кісткової системи та показники окремих метаболічних процесів [3].

Теоретичні засади дослідження біохімічних процесів у гідробіонтів висвітлено також у працях українських науковців. Зокрема, Л. П. Вогнівенко, М. Ю. Євтушенко, М. В. Шевряков і С. І. Пентилюк (2009) систематизували основні закономірності біохімічного обміну водних організмів, що становить наукове підґрунтя для вивчення функціонального значення мінеральних компонентів [34].

До есенціальних мікроелементів, необхідних для нормального функціонування організму риб, належать залізо, мідь, цинк, марганець, селен і йод. Їхня біологічна роль пов’язана з участю у ферментативних реакціях, регуляції окисно-відновних процесів, синтезі білків і нуклеїнових кислот, кровотворенні, формуванні тканин та забезпеченні антиоксидантного захисту. Окреме значення має кобальт як складова молекули вітаміну B_{12}. Порушення оптимального забезпечення організму зазначеними елементами може супроводжуватися змінами метаболічної активності, зниженням інтенсивності росту, погіршенням фізіологічного стану та послабленням адаптаційних можливостей риб [3, 15].

Біологічна дія мікроелементів залежить від рівня їх надходження до організму. Недостатнє забезпечення спричиняє розвиток дефіцитних станів, тоді як надлишок окремих елементів може зумовлювати токсичні ефекти. Особливо чутливою до порушень мінерального живлення є молодь риб, для якої характерні інтенсивний клітинний поділ, активне формування тканин і підвищена потреба в компонентах пластичного обміну. Залежно від дефіцитного елемента можливими наслідками є уповільнення росту, порушення мінералізації скелета, зниження ефективності використання кормів і погіршення життєстійкості [3, 15].

На мінеральний обмін риб істотно впливають абіотичні характеристики водного середовища. Температура, концентрація розчиненого кисню,

величина pH, твердість води, її мінералізація та вміст органічних речовин визначають умови перебігу фізіологічних процесів і можуть змінювати біологічну доступність окремих металів. О. В. Гончарова, Р. П. Параняк і Б. В. Гутий (2019) розглядали особливості функціонального стану прісноводних риб за впливу абіотичних чинників, що підтверджує необхідність урахування параметрів середовища під час оцінювання фізіологічних реакцій гідробіонтів [36].

Важливе значення мають гідрохімічні умови вирощування. K. Kofonov, O. S. Potrokhov та O. G. Zinkovskiy (2020) досліджували життєстійкість молоді коропових риб за підвищеного вмісту амонію та фосфатів у воді [12]. Вплив підвищених концентрацій біогенних сполук на організм коропових риб розглянуто також у працях К. Кофонова (2017–2020) [42–44]. Хоча ці дослідження безпосередньо не присвячені мінеральному живленню, вони свідчать про важливість комплексного оцінювання водного середовища під час аналізу фізіологічного стану риб.

Температурний режим є одним із провідних чинників, що визначають інтенсивність метаболізму пойкілотермних організмів. У межах видового температурного оптимуму підвищення температури води зазвичай супроводжується активізацією обмінних процесів, збільшенням споживання корму та прискоренням росту. За таких умов можуть змінюватися й потреби організму в мінеральних компонентах. Водночас перевищення оптимальних температурних меж, особливо за недостатньої концентрації розчиненого кисню, здатне спричиняти фізіологічний стрес і погіршення ефективності використання поживних речовин [15, 36].

Суттєвий вплив на мінеральне забезпечення риб має склад кормового раціону. Природні кормові організми, компоненти тваринного та рослинного походження містять різні кількості макро- і мікроелементів, проте їхня біологічна доступність може істотно відрізнятися. У кормах рослинного походження окремі мінеральні елементи здатні взаємодіяти з фітатами та іншими компонентами, утворюючи малорозчинні комплекси. Тому під час

розроблення комбікормів необхідно враховувати не лише загальний вміст мінеральних речовин, а й можливість їх засвоєння організмом риб [3, 15, 16].

Серед есенціальних мікроелементів важливе значення має марганець, який бере участь у регуляції ферментативних реакцій, обміні вуглеводів, білків і ліпідів, формуванні сполучної та кісткової тканин. Особливе місце належить його участі у функціонуванні мітохондріальної марганецьзалежної супероксиддисмутази, яка забезпечує захист клітин від надмірного накопичення активних форм кисню. Фізіолого-біохімічну роль цього елемента розглядав В. О. Арсан (2010) у праці, присвяченій значенню марганцю в обміні речовин у риб [33].

Недостатнє надходження марганцю може негативно впливати на ріст, формування скелета та функціонування ферментативних систем. Водночас надлишкове накопичення цього елемента здатне порушувати метаболічну рівновагу. Отже, фізіологічна дія марганцю визначається його концентрацією, хімічною формою та особливостями надходження до організму з кормом і водного середовища [3, 15, 33].

Важливу роль у забезпеченні нормального функціонування організму риб відіграє залізо. Воно входить до складу гемовмісних білків, бере участь у транспортуванні кисню, тканинному диханні та функціонуванні ферментів окисно-відновного обміну. Недостатнє надходження заліза може негативно позначатися на кровотворенні та кисневому забезпеченні тканин. Разом із тим його надлишок за певних умов здатний посилювати окисні процеси та спричиняти порушення клітинного метаболізму [3, 15, 34].

Фізіологічна дія заліза залежить не лише від його кількості, а й від хімічної форми та умов існування у водному середовищі. За зміни окисно-відновних характеристик води сполуки заліза можуть переходити з розчиненого стану в малорозчинні форми та утворювати осади. За надмірного накопичення таких сполук на поверхні зябер можливе погіршення газообміну. Тому оцінювання впливу заліза на організм риб потребує врахування гідрохімічних параметрів водного середовища [15, 35].

Окреме місце в системі мінерального живлення посідає кобальт, біологічне значення якого пов’язане насамперед із входженням до складу вітаміну B_{12}. Водночас надмірне надходження кобальту з водного середовища може супроводжуватися його накопиченням у тканинах риб. В. С. Марків, В. О. Хоменчук і В. З. Курант (2023) досліджували акумуляцію кобальту в організмі прісноводних риб за підвищеної концентрації елемента у воді [45]. Такі дослідження мають важливе значення для оцінювання закономірностей надходження металів, їх розподілу між органами та потенційних наслідків надмірного накопичення.

Важливими компонентами антиоксидантного захисту організму риб є селен і цинк. Селен входить до складу селенопротеїнів, які беруть участь у регуляції окисно-відновних процесів, захисті клітинних структур і підтриманні функціональної активності організму. Його недостатнє надходження може супроводжуватися зниженням ефективності антиоксидантного захисту, тоді як надлишок здатний спричиняти токсичні ефекти. Тому застосування селеновмісних добавок потребує науково обґрунтованого нормування [3, 15].

Вплив комплексного надходження окремих мікроелементів на антиоксидантну систему коропа розглядали К. Б. Смолянінов, О. І. Віщур, М. Б. Фурманевич та співавтори (2014). Дослідники вивчали вплив добавок йоду, цинку й селену до раціону плідників коропа на активність антиоксидантної системи організму [51]. Зазначений напрям досліджень має важливе значення для розуміння взаємозв’язку між мінеральним живленням, метаболічною активністю та фізіологічною стійкістю риб.

Особливої уваги заслуговує цинк, який належить до есенціальних мікроелементів і бере участь у функціонуванні численних ферментативних систем, регуляції експресії генів, синтезі білків і нуклеїнових кислот, клітинному поділі та диференціації тканин. Він також сприяє підтриманню структурної стабільності білкових молекул і функціонуванню антиоксидантної системи. Зокрема, цинк є структурним компонентом мідь-

цинкової супероксиддисмутази, яка бере участь у нейтралізації активних форм кисню [3, 15].

Достатнє забезпечення організму цинком має особливе значення для молоді риб, оскільки в період інтенсивного росту підвищується потреба у речовинах, необхідних для формування нових клітин і тканин. Недостатнє надходження цього мікроелемента може супроводжуватися уповільненням росту, порушеннями білкового обміну, погіршенням використання поживних речовин і змінами функціонального стану окремих органів. Водночас надлишкове надходження цинку здатне порушувати мінеральну рівновагу та негативно впливати на засвоєння інших елементів [3, 11, 15].

Одним із визначальних чинників ефективності використання цинку є хімічна форма його сполук. У традиційних комбікормах джерелами цього мікроелемента можуть бути неорганічні сполуки, зокрема сульфат, оксид і карбонат цинку. Перспективним напрямом є застосування органічних комплексних форм, у яких іони цинку зв’язані з органічними лігандами. Особливості будови таких сполук можуть впливати на їхню розчинність, стабільність і взаємодію з компонентами корму. Водночас ефективність їх використання потребує підтвердження експериментальними дослідженнями [6, 16].

Важливим чинником, що може обмежувати засвоєння цинку, є наявність фітинової кислоти в кормах рослинного походження. Фітати здатні утворювати з іонами металів малорозчинні комплекси, знижуючи їхню біологічну доступність. Особливого значення ця проблема набуває за використання комбікормів зі значною часткою зернових компонентів і продуктів їх перероблення [3, 15].

Вплив різних джерел і рівнів цинку в раціонах молоді коропа *Cyprinus carpio* var. *Jian* за наявності фітинової кислоти досліджували X. Liang, C. Cao, P. Chen та співавтори (2020). У роботі оцінювали інтенсивність росту, накопичення цинку в тканинах та показники антиоксидантної відповіді

організму [16]. Це дослідження підтверджує доцільність комплексного оцінювання біологічної дії різних джерел мікроелемента.

Водночас використання органічних або інших модифікованих форм цинку не виключає необхідності оцінювання їхньої безпечності. L. Dekani, S. A. Johari та H. S. Joo (2019) присвятили дослідження порівняльній токсичності органічної, неорганічної та нанодисперсної форм цинку за надходження з кормом до організму коропа [6]. Такі роботи мають значення для обґрунтування безпечних рівнів використання різних джерел цинку в аквакультурі.

Порушення мінерального гомеостазу може виникати не лише внаслідок незбалансованого кормового раціону, а й через надходження підвищених концентрацій металів із водного середовища. До небезпечних забруднювачів належать кадмій, свинець і ртуть, для яких не встановлено необхідних фізіологічних функцій в організмі риб. Їх накопичення здатне спричиняти порушення ферментативної активності, розвиток окисного стресу та морфофункціональні зміни тканин [26, 40].

Зокрема, M. Ramesh, M. Saravanan та P. Kavitha (2009) досліджували гормональні реакції коропа *Cyprinus carpio* за впливу свинцю [26]. Фізіологічні механізми стресових реакцій у риб висвітлено також у працях N. J. Bernier, G. Flik і P. H. M. Klaren (2009) [4]. Окремі аспекти регуляції кортизолової відповіді досліджували S. L. Alderman та співавтори (2012), які вивчали участь центральних і периферичних глюкокортикоїдних рецепторів у реакції райдужної форелі на гострий стресовий чинник [1]. Хоча зазначені дослідження не присвячені безпосередньо мінеральному живленню, вони характеризують механізми фізіологічної адаптації риб до несприятливих умов середовища.

Важливе значення для оцінювання впливу мікроелементів має дослідження їх накопичення у тканинах та органах риб. Інтенсивність біоакумуляції залежить від концентрації металів у воді та кормі, тривалості впливу, видових особливостей, віку, характеру живлення та функціонального

стану організму. Особливості розподілу елементів між печінкою, нирками, зябрами й м’язовою тканиною можуть відображати відмінності у механізмах їх надходження, депонування та виведення [3, 40, 45].

Оцінювання накопичення металів має значення не лише для характеристики фізіологічного стану риб, а й для контролю безпечності продукції аквакультури. При цьому необхідно розмежовувати нормативні показники безпечності харчової продукції та фізіологічно допустимі рівні надходження окремих елементів. Відсутність перевищення нормативних концентрацій металів у м’язовій тканині не завжди свідчить про повну відсутність їхнього впливу на метаболічні процеси.

Перспективним напрямом удосконалення технологій годівлі риб є використання комплексних кормових добавок, які поєднують мінеральні речовини з іншими біологічно активними компонентами. Зокрема, L. Shtynda, Y. Loboiko, I. Barylo та B. Barylo (2025) досліджували ефективність різних концентрацій премікcу «Super Korop Boost» у годівлі коропа [30]. Подальший розвиток цього напряму представлено в роботі Y. V. Loboiko, L. Y. Shtynda, O. I. Sobolev, I. S. Barylo та R. V. Herus (2026), присвяченій технології вирощування коропових риб із використанням вітамінно-мінерально-амінокислотного премікcу [17].

Таким чином, аналіз наукової літератури свідчить, що мікроелементи відіграють важливу роль у регуляції фізіолого-біохімічних процесів організму риб. Їхня дія визначається рівнем надходження, хімічною формою, біологічною доступністю, взаємодією з іншими компонентами раціону та характеристиками водного середовища. Як дефіцит, так і надлишок окремих елементів можуть спричиняти порушення метаболізму, уповільнення росту, погіршення фізіологічного стану та зниження продуктивності риб.

Особливого значення для вдосконалення технологій годівлі коропа набуває оптимізація забезпечення організму цинком. У зв’язку з цим актуальним є порівняльне оцінювання традиційних неорганічних і органічних комплексних форм цього мікроелемента. Дослідження ефективності

часткового заміщення карбонату цинку ($ZnCO_3$) змішанолігандним комплексом цинку за умов вирощування коропа в ТОВ «Сквираплемрибгосп» Київської області спрямоване на встановлення особливостей впливу різних джерел елемента на рибницько-біологічні та фізіологічні показники риб.

1.2. Особливості мінерального живлення риб, біологічна доступність макро- і мікроелементів та їх нормування в кормових раціонах

Мінеральне живлення є важливою складовою забезпечення фізіологічних потреб риб, оскільки макро- та мікроелементи беруть участь у формуванні тканин, регуляції ферментативних реакцій, підтриманні осмотичної рівноваги та перебігу метаболічних процесів. Специфічною особливістю мінерального обміну риб є здатність засвоювати окремі елементи не лише з кормом, а й безпосередньо з водного середовища. Це ускладнює визначення їхніх кількісних потреб і зумовлює необхідність комплексного оцінювання мінерального забезпечення з урахуванням хімічного складу води та кормових раціонів [3, 15, 34].

За даними S. P. Lall та S. J. Kaushik (2021), ефективність мінерального живлення риб визначається сукупністю взаємопов’язаних чинників, серед яких важливе значення мають концентрація елементів у кормі, хімічна форма їхніх сполук, біологічна доступність, фізіологічний стан організму та характеристики водного середовища. Засвоєння мінеральних компонентів залежить від особливостей травлення, механізмів іонного транспорту та взаємодії між окремими поживними речовинами [15].

Сучасні комбікорми для аквакультури можуть містити значну кількість мінеральних речовин завдяки використанню рибного борошна, рослинної сировини, мінеральних преміксів та інших кормових компонентів. Водночас загальний вміст елемента не завжди відображає його фактичну доступність для організму. Зокрема, частина фосфору в кормах тваринного походження входить до складу мінеральної фракції кісткової тканини, тоді як у рослинній

сировині значна його частка може перебувати у формі фітатів. Такі сполуки здатні обмежувати засвоєння фосфору, цинку та деяких інших мінеральних елементів, що необхідно враховувати під час розроблення повнораціонних комбікормів [3, 15, 38].

Природна кормова база водойм також є джерелом мінеральних компонентів. Зоопланктон, зообентос, личинки водних комах, водорості та інші кормові організми містять різні кількості макро- й мікроелементів, які надходять до організму риб у складі природної їжі. Їхній мінеральний склад залежить від видових особливостей, трофічних умов і гідрохімічних характеристик водойми. У ставковому рибництві поєднання природних кормових ресурсів зі штучними кормами може сприяти забезпеченню фізіологічних потреб риб, однак не гарантує усунення дефіциту окремих елементів [38, 47].

Особливості нормування мінеральних речовин у годівлі риб систематизували P. Antony Jesu Prabhu, J. W. Schrama та S. J. Kaushik (2016). Автори зазначають, що визначення фізіологічної потреби в окремих елементах потребує врахування виду риб, віку, темпів росту, складу корму, біологічної доступності мінеральних сполук і концентрації відповідних іонів у воді. Експериментальне встановлення оптимального рівня мінерального забезпечення ґрунтується на комплексному оцінюванні інтенсивності росту, ефективності використання корму, мінералізації скелета та накопичення елементів у тканинах [3].

Серед макроелементів важливе значення мають кальцій і фосфор, які забезпечують формування мінеральної основи скелета та беруть участь у регуляції метаболічних процесів. Кальцій виконує структурну й регуляторну функції, зокрема бере участь у передачі нервових імпульсів, скороченні м’язових волокон і клітинній сигналізації. Особливістю кальцієвого обміну риб є можливість надходження цього елемента безпосередньо з води через спеціалізовані іонотранспортні клітини зябрового епітелію. Співвідношення

між надходженням кальцію з корму та водного середовища залежить від виду риб, фізіологічного стану, мінералізації води й інтенсивності росту [3, 15].

За достатньої концентрації кальцію у воді потреба в його додатковому введенні до раціону може знижуватися. Водночас у слабкомінералізованій воді значення кормового джерела цього елемента зростає. Особливо важливим є забезпечення кальцієм молоді риб, у якої відбувається інтенсивне формування скелета. Недостатнє надходження кальцію за несприятливих умов може супроводжуватися порушеннями мінералізації кісткової тканини та зниженням інтенсивності росту. Надлишкове введення кальцієвмісних сполук до комбікормів також небажане, оскільки здатне впливати на доступність інших мінеральних компонентів [3, 15].

Фосфор є незамінним макроелементом, який разом із кальцієм формує мінеральну основу кісткової тканини. Він входить до складу аденозинтрифосфату, нуклеїнових кислот, фосфоліпідів клітинних мембран та інших біологічно важливих сполук. На відміну від кальцію, можливості забезпечення потреб риб у фосфорі за рахунок його надходження з водного середовища є обмеженими, тому основним джерелом цього елемента залишається корм. Важливим критерієм оцінювання фосфорного живлення є не лише загальна концентрація фосфору в комбікормі, а й частка його засвоюваних форм [3, 15, 34].

Недостатнє забезпечення фосфором здатне спричиняти порушення мінералізації скелета, зниження темпів росту та погіршення використання кормів. Водночас надлишкове введення фосфорних сполук не завжди забезпечує додатковий продуктивний ефект і може збільшувати надходження фосфору у водне середовище з продуктами виділення. Це створює передумови для підвищення біогенного навантаження на водойми. Дослідження життєстійкості молоді коропових риб за підвищеного вмісту амонію та фосфатів у воді, проведені K. Kofonov, O. S. Potrokhov та O. G. Zinkovskiy (2020), підтверджують важливість контролю гідрохімічних умов вирощування [12].

Важливим компонентом мінерального живлення є магній, який бере участь у функціонуванні ферментативних систем, пов’язаних з енергетичним обміном, синтезом білків і метаболізмом нуклеїнових кислот. Він необхідний для стабілізації молекул аденозинтрифосфату та забезпечення активності низки ферментів. Потреба риб у магнії залежить від його концентрації у воді, складу корму та фізіологічного стану організму. Недостатнє надходження цього елемента може супроводжуватися порушеннями метаболічних процесів і погіршенням ростових показників [3, 15].

Особливе значення для забезпечення повноцінного мінерального живлення мають мікроелементи, які, незважаючи на відносно невеликі кількісні потреби, виконують важливі каталітичні та регуляторні функції. До них належать залізо, мідь, марганець, цинк, селен і йод. Їхнє надходження має відповідати фізіологічним потребам організму, оскільки як дефіцит, так і надлишок можуть негативно впливати на інтенсивність росту, метаболічну активність та фізіологічний стан риб [3, 15].

Біологічна доступність мікроелементів значною мірою залежить від хімічної форми сполук, у яких вони надходять до організму. Традиційними джерелами мінеральних компонентів у комбікормах є неорганічні солі, зокрема сульфати, оксиди та карбонати. Водночас у сучасній аквакультурі досліджується можливість застосування органічних комплексних сполук, які можуть відрізнятися за стабільністю, розчинністю та характером взаємодії з компонентами корму. Проте потенційні переваги органічних форм залежать від конкретної сполуки, рівня її введення до раціону та умов вирощування [3, 6, 15].

Важливим чинником, який може обмежувати засвоєння окремих мікроелементів, є наявність антипоживних речовин у кормовій сировині. Зокрема, фітинова кислота, характерна для зернових і продуктів перероблення олійних культур, здатна зв’язувати іони металів з утворенням малорозчинних комплексів. Такі взаємодії можуть знижувати біологічну доступність цинку, заліза, марганцю та інших елементів. Тому за використання комбікормів із

високою часткою рослинних компонентів необхідно враховувати можливі втрати доступності мінеральних речовин [3, 15, 16].

Вплив різних джерел і рівнів цинку в раціонах молоді коропа *Cyprinus carpio* var. *Jian* за наявності фітинової кислоти досліджували X. Liang, C. Cao, P. Chen та співавтори (2020). У роботі оцінювали інтенсивність росту, накопичення цинку в тканинах і показники антиоксидантної відповіді організму. Зазначене дослідження демонструє важливість урахування не лише кількості мікроелемента, а й джерела його надходження та складу кормового раціону [16].

Важливим аспектом нормування мікроелементів є врахування їхньої взаємодії. Надлишкове надходження одного елемента за певних умов може змінювати засвоєння або метаболізм іншого. Зокрема, відомі взаємозв'язки між цинком і міддю, кальцієм і фосфором, а також між окремими мікроелементами та компонентами кормової сировини. Тому під час розроблення мінеральних преміксів необхідно враховувати не лише концентрацію кожного елемента, а й збалансованість мінерального складу раціону загалом [3, 15].

Оцінювання ефективності мінерального живлення не повинно обмежуватися визначенням інтенсивності росту риб. Важливими додатковими критеріями є ефективність використання корму, виживаність, стан кісткової тканини, концентрація мінеральних елементів у тканинах, показники крові та активність окремих ферментативних систем. Застосування комплексу рибницько-біологічних і фізіолого-біохімічних показників дозволяє об'єктивніше оцінювати достатність мінерального забезпечення та можливі наслідки використання різних кормових добавок [3, 15].

У сучасній аквакультурі дедалі більшого значення набуває використання комплексних кормових добавок, які поєднують мінеральні речовини з вітамінами, амінокислотами та іншими біологічно активними компонентами. Зокрема, L. Shtynda, Y. Loboiko, I. Barylo та B. Barylo (2025) досліджували ефективність різних концентрацій премікcу «Super Korop Boost» у годівлі

коропа [30]. Подібний напрям представлено в роботі Y. V. Loboiko, L. Y. Shtynda, O. I. Sobolev, I. S. Barylo та R. V. Herus (2026), присвяченій технології вирощування коропових риб із використанням вітамінно-мінерально-амінокислотного премікcу [17]. Такі дослідження підтверджують актуальність удосконалення складу кормових раціонів із застосуванням комплексних добавок.

Таким чином, ефективність мінерального живлення риб визначається не лише загальним умістом макро- та мікроелементів у кормі, а й їхньою біологічною доступністю, хімічною формою, взаємодією з іншими компонентами раціону та можливістю надходження з водного середовища. Науково обґрунтоване нормування мінеральних речовин є необхідною умовою підтримання фізіологічного гомеостазу, реалізації ростового потенціалу та раціонального використання кормових ресурсів.

Для вдосконалення технології годівлі коропа особливий інтерес становить дослідження ефективності різних джерел цинку, зокрема можливості часткового заміщення традиційних неорганічних сполук органічними комплексними формами. Порівняльне оцінювання їхнього впливу на ріст, фізіологічний стан та ефективність використання кормів дозволяє обґрунтувати доцільність застосування відповідних мінеральних добавок за конкретних умов вирощування.

1.3. Неорганічні та органічні форми цинку в годівлі коропа: біологічна доступність, фізіолого-біохімічна дія та ефективність застосування

Удосконалення мінерального живлення коропа є важливим напрямом підвищення ефективності сучасної аквакультури. Особливе місце серед есенціальних мікроелементів належить цинку, який бере участь у функціонуванні ферментативних систем, синтезі білків і нуклеїнових кислот, формуванні тканин та підтриманні антиоксидантного захисту. Водночас

ефективність використання цинковмісних кормових добавок визначається не лише кількістю введеного елемента, а й хімічною формою його сполук, біологічною доступністю та взаємодією з іншими компонентами кормового раціону [3, 15].

S. P. Lall та S. J. Kaushik (2021), аналізуючи особливості мінерального живлення риб, зазначають, що хімічна форма мінеральних сполук належить до важливих чинників їх засвоєння та метаболічного використання. Автори розглядають мінеральне забезпечення як багатокомпонентну систему, ефективність якої залежить від фізіологічних потреб організму, складу корму, характеристик водного середовища та взаємодії між окремими мінеральними елементами [15].

Подібні положення висвітлено в систематичному огляді P. Antony Jesu Prabhu, J. W. Schrama та S. J. Kaushik (2016), присвяченому визначенню потреб риб у мінеральних речовинах. Дослідники наголошують, що оцінювання ефективності мінеральних добавок доцільно проводити за комплексом показників, оскільки інтенсивність росту не завжди повною мірою характеризує забезпеченість організму конкретним елементом. Додатковими критеріями можуть бути накопичення мінеральних речовин у тканинах, стан кісткової системи та показники фізіолого-біохімічного обміну [3].

У практиці годівлі риб джерелами цинку можуть бути неорганічні сполуки, зокрема сульфат цинку ($ZnSO_4$), оксид цинку (ZnO) і карбонат цинку ($ZnCO_3$), а також органічні комплекси, у яких іони металу зв’язані з амінокислотами, органічними кислотами або іншими лігандами. Ці групи речовин відрізняються хімічною будовою, фізико-хімічними властивостями та характером взаємодії з компонентами травного вмісту [3, 15].

Неорганічні сполуки цинку традиційно використовують у складі комбікормів і мінеральних премісів завдяки їхній доступності, технологічній зручності та можливості точного нормування кількості елемента. Проте біологічна ефективність окремих сполук неоднакова, оскільки залежить від

їхньої розчинності, умов дисоціації та взаємодії з речовинами кормового раціону.

Сульфат цинку характеризується порівняно високою розчинністю у воді. Після надходження до травного тракту він може дисоціювати з утворенням іонів цинку, доступних для подальшого транспортування через кишковий епітелій. Водночас вивільнені іони здатні взаємодіяти з фітатами, фосфатами та іншими компонентами корму, що за певних умов обмежує їх засвоєння [3, 15].

Оксид і карбонат цинку характеризуються меншою розчинністю у воді порівняно із сульфатом. Їхній перехід у доступні для засвоєння форми залежить від кислотності середовища, фізико-хімічних умов травлення та складу кормової маси. Тому відмінності між неорганічними джерелами цинку необхідно враховувати під час розроблення мінеральних премісів і проведення порівняльних кормових дослідів.

Особливий інтерес становить карбонат цинку ($ZnCO_3$), який використовується як неорганічне джерело мікроелемента в досліджуваному кормовому раціоні. Оцінювання його ефективності потребує врахування не лише маси введеної сполуки, а й фактичного вмісту елементарного цинку. Оскільки різні цинковмісні речовини характеризуються неоднаковою масовою часткою металу, порівняння їхньої біологічної дії доцільно проводити за зіставного рівня надходження цинку, а не лише за масою кормової добавки.

Одним із чинників, які можуть обмежувати засвоєння неорганічних форм цинку, є наявність антипоживних компонентів рослинної сировини. Зокрема, фітинова кислота та її солі здатні зв’язувати іони двовалентних металів з утворенням малорозчинних комплексів. Це може знижувати біологічну доступність цинку, особливо в комбікормах із високою часткою зернових компонентів і продуктів перероблення олійних культур [3, 15, 16].

Для коропівництва зазначена проблема має практичне значення, оскільки в годівлі риб широко використовують корми рослинного

походження. Наявність фітатів у таких раціонах створює передумови для зменшення частки цинку, доступної для засвоєння. За цих умов збільшення загального вмісту елемента в кормі не обов’язково забезпечує пропорційне підвищення його надходження до тканин організму.

Перспективним напрямом оптимізації мінерального живлення є використання органічних комплексних сполук цинку. До цієї групи належать речовини, у яких іони металу зв’язані з органічними лігандами. Залежно від природи лігандів, типу хімічного зв’язку та структури комплексу такі сполуки можуть відрізнятися за стабільністю, розчинністю й особливостями поведінки у травному середовищі.

Органічні форми цинку розглядають як альтернативу традиційним неорганічним сполукам завдяки можливості зміни характеру взаємодії металу з компонентами корму. Зв’язування цинку з органічними лігандами за певних умов може зменшувати утворення малодоступних комплексів із фітатами та іншими антипоживними речовинами. Однак ступінь такого ефекту залежить від конкретної сполуки й не може вважатися однаковим для всіх органічних джерел [3, 15, 16].

Важливо враховувати, що поняття «органічні форми цинку» охоплює хімічно неоднорідну групу сполук. Комплекси цинку з амінокислотами, протеїнатні форми та змішанолігандні сполуки можуть відрізнятися за стійкістю, особливостями дисоціації та механізмами засвоєння. Тому висновки щодо переваг однієї органічної форми не слід автоматично поширювати на інші.

Наукове обґрунтування можливостей застосування органічних джерел цинку в годівлі коропа представлено в дослідженні X. Liang, C. Cao, P. Chen та співавторів (2020). Автори порівнювали ефективність неорганічного цинку у формі сульфату та органічної комплексної сполуки цинку з 2-гідрокси-4-(метилтіо) бутановою кислотою в раціонах молоді коропа *Cyprinus carpio* var. *Jian*, які містили фітинову кислоту [16].

Упродовж десятитижневого експерименту дослідники оцінювали вплив різних джерел і рівнів цинку на інтенсивність росту, накопичення елемента у хребцях та показники антиоксидантної відповіді. Згідно з наведеними результатами, додавання досліджуваних форм цинку супроводжувалося поліпшенням окремих показників порівняно з раціоном без додаткового внесення цього мікроелемента [16].

За даними авторів, відносна біологічна доступність органічної комплексної форми цинку перевищувала відповідні показники сульфату цинку за накопиченням елемента у хребцях та активністю супероксиддисмутази плазми крові. Це свідчить про можливість відмінностей у засвоєнні та фізіологічній дії різних хімічних форм мікроелемента. Водночас результати характеризують конкретні експериментальні умови та досліджені сполуки, тому не можуть розглядатися як універсальне підтвердження переваг усіх органічних джерел цинку [16].

Важливим напрямом оцінювання ефективності цинковмісних добавок є визначення фізіолого-біохімічних показників, які характеризують функціональний стан організму. До них належать активність антиоксидантних ферментів, накопичення цинку в тканинах, особливості білкового обміну та показники фізіологічної стійкості. Їхнє дослідження дозволяє доповнити оцінювання кормових добавок за традиційними рибницькими характеристиками, зокрема приростом маси тіла та ефективністю використання кормів.

Цинк є структурним компонентом мідь-цинкової супероксиддисмутази, яка бере участь у нейтралізації активних форм кисню. Тому зміни забезпеченості організму цим мікроелементом можуть впливати на функціонування антиоксидантної системи. Водночас активність окремих ферментів залежить від багатьох чинників, тому її необхідно оцінювати в сукупності з іншими фізіологічними характеристиками [3, 15].

Вплив мінеральних добавок на антиоксидантну систему коропа розглядали К. Б. Смолянінов, О. І. Віщур, М. Б. Фурманевич та співавтори

(2014), які досліджували дію йоду, цинку й селену в раціонах плідників [51]. Ця праця підтверджує доцільність використання антиоксидантних показників для оцінювання фізіологічної реакції риб на зміну мінерального забезпечення. Водночас через комплексний характер добавки отримані результати не можна трактувати як ізольовану дію лише цинку.

Поряд із біологічною доступністю важливим критерієм оцінювання кормових форм цинку є їхня безпечність. Надлишкове надходження мікроелемента може порушувати метаболічні процеси, змінювати активність ферментів і спричиняти його надмірне накопичення в органах і тканинах. При цьому токсикологічна дія залежить від дози, тривалості надходження, хімічної форми та фізіологічного стану організму [3, 6, 15].

Порівняльну токсичність різних джерел цинку досліджували L. Dekani, S. A. Johari та H. S. Joo (2019). Автори вивчали вплив органічної, неорганічної та нанодисперсної форм цинку за їх надходження з кормом до організму коропа. Оцінювання охоплювало ростові характеристики, окремі фізіолого-біохімічні показники та накопичення цинку в тканинах [6].

Результати цього дослідження свідчать про відмінності у фізіологічній реакції риб залежно від форми та концентрації цинку. Отже, підвищена біологічна доступність мікроелемента не може розглядатися як безумовна перевага без одночасного оцінювання його фізіологічної безпечності. Оптимізація цинкового живлення передбачає забезпечення достатнього надходження елемента без створення умов для його надлишкового накопичення [6].

Важливим доповненням до результатів порівняльних досліджень є праця S. Parveen та співавторів (2025), присвячена впливу різних форм цинку на ріст, антиоксидантний статус і фізіологічний стан коропа. Автори розглядали ефективність цинковмісних добавок з урахуванням їхнього джерела та рівня введення до корму. Зазначене дослідження підтверджує необхідність комплексного оцінювання ростових і фізіолого-біохімічних

показників для обґрунтування оптимального мінерального забезпечення риб [10].

У виробничих умовах ставкового рибництва порівняння різних форм цинку ускладнюється впливом додаткових чинників. На відміну від контрольованих лабораторних дослідів, риби у ставках можуть споживати природні кормові організми, які також містять мінеральні речовини. Крім того, сезонні зміни температури води, концентрації розчиненого кисню, величини pH та інших гідрохімічних показників здатні впливати на інтенсивність живлення, метаболізм і засвоєння поживних речовин [15, 35, 36].

За таких умов оцінювання ефективності кормових добавок доцільно здійснювати з урахуванням загальної технології вирощування, початкового фізіологічного стану риб, складу основного раціону та забезпеченості водойми природною кормовою базою. Важливими критеріями є приріст маси тіла, відносна швидкість росту, виживаність, ефективність використання кормів, показники вгодованості та інші характеристики, передбачені програмою конкретного дослідження [38, 47].

Окреме місце в оцінюванні ефективності мінеральних добавок належить економічним показникам. Органічні комплексні форми цинку можуть відрізнятися від традиційних неорганічних сполук за вартістю та технологічними характеристиками. Тому їхнє практичне використання повинно обґрунтовуватися не лише можливими фізіологічними перевагами, а й співвідношенням витрат на кормові компоненти та фактично отриманих виробничих результатів.

У цьому контексті перспективним напрямом є дослідження можливостей часткового заміщення неорганічного цинку органічними комплексними сполуками без порушення загальної збалансованості кормового раціону. Такий підхід дозволяє оцінювати ефективність не лише окремої добавки, а й зміни структури мінерального забезпечення загалом.

Таким чином, узагальнення наукових публікацій свідчить, що ефективність різних форм цинку в годівлі коропа визначається комплексом

взаємопов’язаних чинників. Неорганічні сполуки залишаються традиційними джерелами мікроелемента завдяки доступності та можливості використання в мінеральних премісах. Органічні комплексні форми становлять інтерес через потенційні відмінності у біологічній доступності та характері взаємодії з кормовими компонентами. Проте їхні переваги повинні встановлюватися експериментально для кожної конкретної сполуки.

Отже, порівняльне оцінювання неорганічних та органічних джерел цинку має ґрунтуватися на комплексному аналізі фізико-хімічних властивостей добавок, особливостей їх засвоєння, впливу на фізіолого-біохімічні процеси та рибницьку продуктивність. Особливий науковий і практичний інтерес становить дослідження часткового заміщення карбонату цинку ($ZnCO_3$) змішанолігандним комплексом цинку в кормових раціонах коропа. Таке дослідження дозволяє оцінити вплив різних джерел мікроелемента на ріст, фізіологічний стан і ефективність використання кормів за конкретних умов вирощування.

РОЗДІЛ 2
МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Експериментальні дослідження проводили на базі товариства з обмеженою відповідальністю «Сквираплемрибгосп» Київської області, виробнича діяльність якого пов’язана з відтворенням і вирощуванням прісноводних видів риб та одержанням рибопосадкового матеріалу.

Метою науково-господарського досліду було встановлення впливу часткового заміщення неорганічного джерела цинку змішанолігандним комплексом цинку органічного походження у складі комбікормів на інтенсивність росту, фізіологічний стан, гематологічні показники та окремі характеристики продуктивності цьоголіток коропа (*Cyprinus carpio* L.).

Для проведення експерименту за принципом аналогів [58, 59] відібрали 60 цьоголіток коропа внутрішньопородного типу української лускатої породи. Початкова середня маса риб у сформованих групах становила 43,7–49,8 г. Під час формування експериментальних груп враховували вік, походження, фізіологічний стан і масу тіла особин. Відібраних риб розподілили на три групи по 20 екземплярів у кожній.

Риб утримували в окремих круглих поліпропіленових басейнах номінальною місткістю 1000 л, обладнаних системами водопостачання та водовідведення (рис. 1).

Перед початком основного досліду проводили семидобовий підготовчий період, протягом якого риб адаптували до умов басейнового утримання. У цей час усі експериментальні групи перебували за однакових умов водопостачання та годівлі, що сприяло мінімізації впливу сторонніх чинників на результати подальшого дослідження.

Водопостачання басейнів здійснювали зі свердловини в безперервному режимі з витратою води 50 л/год на кожний басейн. За номінального об’єму 1000 л розрахунковий час подачі об’єму води, еквівалентного місткості басейну, становив 20 год, або 1,2 об’єму за добу.



Рис. 1. **Загальний вигляд експериментального басейну для утримання цьоголіток коропа**

Контроль якості водного середовища здійснювали за основними гідрохімічними показниками, зокрема температурою води, концентрацією розчиненого кисню та величиною pH. Умови водопостачання й утримання були однаковими для всіх експериментальних груп.

Після завершення адаптаційного періоду проводили основний етап дослідження тривалістю шість тижнів. Схема експерименту передбачала три варіанти годівлі, які відрізнялися співвідношенням неорганічної та органічної форм цинку за однакової розрахункової кількості додатково введеного елемента.

У контрольній групі (I) використовували основний раціон із карбонатом цинку ($ZnCO_3$) як неорганічним джерелом додаткового цинку. У другій дослідній групі (II) 25 % установленої норми введення елементарного цинку у формі карбонату замінювали еквівалентною кількістю цинку зі змішанолігандного комплексу. У третій дослідній групі (III) аналогічне заміщення здійснювали на рівні 15 % (табл. 1).

Таблиця 1

Схема науково-господарського досліду з вивчення впливу різних форм цинку на цьоголіток коропа

Група	Кількість риб, екз.	Характеристика годівлі
I – контрольна	20	Основний раціон із неорганічним джерелом цинку – $ZnCO_3$
II – дослідна	20	Основний раціон із заміною 25 % установленої норми введення неорганічного цинку змішанолігандним комплексом
III – дослідна	20	Основний раціон із заміною 15 % установленої норми введення неорганічного цинку змішанолігандним комплексом

Для забезпечення порівнянності експериментальних варіантів використовували однакову основу комбікорму. Відмінність між раціонами полягала у співвідношенні неорганічної та органічної форм цинку. У контрольній групі весь додатковий цинк надходив у формі карбонату цинку, тоді як у другій і третій дослідних групах відповідно 25 і 15 % його кількості замінювали цинком зі змішанолігандного комплексу.

Заміщення здійснювали за еквівалентною кількістю елементарного цинку з урахуванням його масової частки у відповідних сполуках, а не за масою кормових добавок. Змішанолігандний комплекс вводили до складу комбікорму через премікс. Такий підхід забезпечував однакову розрахункову кількість додатково введеного цинку в усіх експериментальних раціонах і створював передумови для порівняльного оцінювання біологічної дії різних його хімічних форм.

Годівлю риб здійснювали тричі на добу протягом шести днів на тиждень. Добову кількість корму визначали з урахуванням середньої живої

маси риб, температури води та концентрації розчиненого кисню. Норми годівлі коригували протягом експерименту відповідно до результатів контрольних зважувань, які проводили один раз на сім діб. Під час згодовування корму спостерігали за кормовою активністю риб і повнотою споживання заданої порції.

Гідрохімічний контроль проводили протягом усього досліду. Температуру води, величину pH і концентрацію розчиненого кисню визначали щоденно за загальноприйнятими методиками.

Відомості щодо хімічного складу комбікормів, умісту основних поживних речовин, мінеральних компонентів та енергетичної цінності кормів отримували з матеріалів господарства. Для характеристики фізіологічного стану коропа проводили гематологічні дослідження на початку та після завершення експерименту. Лабораторний аналіз зразків крові здійснювали на базі Білоцерківської міської державної лікарні ветеринарної медицини із застосуванням автоматичного гематологічного аналізатора Mindray BC-20s.

Для гематологічного дослідження відбирали зразки крові у трьох особин із кожної експериментальної групи. Відбір крові здійснювали методом кардіопункції відповідно до методичних рекомендацій щодо гематологічного дослідження риб. Під час інтерпретації результатів враховували морфологічні особливості клітин крові коропа та можливі обмеження застосування автоматичного гематологічного аналізатора для дослідження крові риб.

Ефективність використання змішанолігандного комплексу цинку оцінювали за сукупністю рибницько-біологічних, морфометричних і фізіологічних показників. Після завершення експерименту визначали ростові характеристики риб, співвідношення їстівних і неїстівних частин тіла та хімічний склад м’язової тканини.

На основі отриманих результатів здійснювали порівняльне оцінювання впливу різних співвідношень хімічних форм цинку на продуктивні характеристики цьоголіток коропа. Економічну доцільність використання

змішанолігандного комплексу оцінювали з урахуванням витрат на кормові компоненти та одержаних рибницьких результатів.

Біометричне опрацювання [58, 59] експериментальних даних проводили методами варіаційної статистики з використанням програмного забезпечення Microsoft Excel 2010.

У процесі підготовки кваліфікаційної роботи інструменти штучного інтелекту ChatGPT (OpenAI) використовували як допоміжний засіб для структуризації окремих фрагментів тексту, мовностилістичного редагування, узагальнення матеріалів і підготовки графічних елементів [60, 61, 62]. Відповідальність за достовірність фактичних даних, коректність розрахунків, наукову інтерпретацію результатів і сформульовані висновки несе автор кваліфікаційної роботи.

РОЗДІЛ 3
ВЛАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Природно-географічні, гідрологічні та виробничо-технологічні особливості функціонування ТОВ «Сквираплемрибгосп»

Товариство з обмеженою відповідальністю «Сквираплемрибгосп» є спеціалізованим повносистемним рибницьким підприємством Київської області, виробнича діяльність якого охоплює основні технологічні етапи відтворення, підрощування, вирощування та реалізації прісноводних видів риб. Організаційно-виробнича структура господарства сформована з урахуванням територіального розміщення ставового фонду, особливостей водозабезпечення та функціонального призначення окремих рибогосподарських водойм.

Підприємство розташоване в межах Білоцерківського району Київської області та об’єднує чотири територіально відокремлені рибницькі дільниці: «Великополовецьке», «Антонів», «Рогізне» і «Красноліси». Їх просторове розміщення визначає особливості організації виробничих процесів, розподілу технологічних потужностей, транспортування рибопосадкового матеріалу та використання наявних водних ресурсів.

Територія розташування господарства належить до лісостепової природної зони України, для якої характерний помірно континентальний клімат із вираженою сезонною мінливістю температури повітря та нерівномірним розподілом атмосферних опадів. Кліматичні особливості регіону впливають на тривалість вегетаційного періоду, температурний режим водойм, інтенсивність розвитку природної кормової бази та умови формування рибопродуктивності ставів.

Сезонні зміни гідрометеорологічних умов зумовлюють необхідність узгодження основних технологічних операцій із природним циклом функціонування водойм. Строки зарибнення, початок активної годівлі,

проведення контрольних обловів і вилов товарної продукції залежать від температури води, кисневого режиму та рівня водозабезпечення. Особливого значення ці чинники набувають за обмеженого надходження води до ставів, коли можливості оперативного регулювання гідрологічного режиму істотно звужуються.

Найбільшим виробничим підрозділом підприємства є центральна рибницька дільниця «Великополовецьке», до складу якої входять нагульний, зимувальні, вирощувальні, літні маточні та нерестові ставки загальною площею 223,8 га (рис. 2, 3). Наявність водойм різного функціонального призначення забезпечує послідовне виконання основних етапів технологічного циклу – від одержання потомства та підрощування молоді до вирощування товарної риби.



Рис. 2. **Схема розміщення ставів центральної рибницької дільниці «Великополовецьке»:** 1–5 – зимувальні ставки; 6–11 – вирощувальні ставки; 12–13 – літні маточні ставки; 14 – нерестові ставки; 15 – інкубаційний цех.

Джерело: зроблено автором із використанням інструментів комп’ютерної візуалізації



Рис. 3. **Нагульний став рибницької дільниці «Великополовецьке».**

Рибницька дільниця «Антонів» включає три нагульні та два зимувальні ставки загальною площею 79,1 га. Дільниця «Рогізне» спеціалізується переважно на вирощуванні рибопосадкового матеріалу та має ставовий фонд площею 66,9 га. Аналогічне виробниче спрямування характерне для дільниці «Краснoліси», до складу якої входять вирощувальні ставки загальною площею 33,8 га.

Загальна площа рибогосподарських водойм підприємства становить 403,6 га. Територіальна розгалуженість ставового фонду та його диференціація за функціональним призначенням забезпечують можливість раціонального розподілу виробничих процесів відповідно до біологічних особливостей об’єктів вирощування та технологічних потреб окремих етапів виробництва.

Основу виробничої діяльності ТОВ «Сквираплемрибгосп» становить ставове рибництво, організоване переважно за дворічним циклом вирощування. Водночас у господарстві поступово впроваджують трирічний цикл вирощування окремих рослиноїдних видів риб, спрямований на

одержання товарної продукції більшої маси та ефективніше використання природних кормових ресурсів водойм. Результативність такого підходу залежить від тривалості виробничого циклу, умов вирощування, витрат на утримання риби та попиту на товарну продукцію.

Вирощування риби здійснюють переважно за технологією полікультури, яка передбачає сумісне утримання видів із різними спектрами живлення та особливостями використання природної кормової бази. Основним об'єктом аквакультури є короп (*Cyprinus carpio* L.), якого вирощують у поєднанні з рослиноїдними видами риб.

Важливим елементом біологічної меліорації нагульних водойм є використання щуки звичайної (*Esox lucius* L.), яку залучають для регулювання чисельності дрібної малоцінної риби. Це сприяє зменшенню конкуренції за кормові ресурси між основними об'єктами вирощування та небажаними представниками іхтіофауни. У господарстві застосовують технологічні прийоми відтворення щуки як у спеціалізованих нерестових водоймах, так і в умовах інкубаційного комплексу.

Одним із визначальних чинників функціонування підприємства є обмеженість водозабезпечення окремих ставів. Їх наповнення значною мірою залежить від сезонного весняного стоку, що ускладнює регулювання гідрологічного режиму протягом вегетаційного періоду. Обмежені можливості водообміну впливають і на організацію вирощування молоді риб. Зокрема, у господарстві застосовують попереднє підрощування личинок у спеціалізованих водоймах із подальшим пересаджуванням молоді до вирощувальних ставів інших дільниць.

Центральне місце у виробничій структурі підприємства посідає дільниця «Великополовецьке», де зосереджено адміністративно-господарський центр, основні об'єкти виробничої інфраструктури та матеріально-технічну базу для проведення рибницьких і дослідницьких робіт. Саме на цій дільниці проводили експериментальні дослідження, передбачені програмою кваліфікаційної роботи.

За гідрографічним положенням територія центральної дільниці належить до басейну річки Кам’янка, водні ресурси якої використовують для забезпечення технологічних потреб ставового господарства. Для формування нагульного ставу площею 110 га на річці споруджено греблю зі шлюзовим водоскидом, що забезпечує регулювання рівня води та пропускання надлишкового стоку (рис. 4).



Рис. 4. **Водоскидна споруда нагульного ставу рибницької дільниці «Великополовецьке».**

Окремі ставки центральної дільниці відокремлені від основного водотоку земляними гідротехнічними спорудами. Їх конструкція передбачає можливість спускання води для проведення рибницьких, санітарно-профілактичних і меліоративних заходів. Подавання води з річки Кам’янка до ставової системи здійснюється через водопостачальний трубопровід діаметром 0,5 м і довжиною 874 м. Відведення води з виробничих водойм здійснюється через головний скидний канал, гідравлічно пов’язаний із руслом річки Кам’янка. Важливою складовою виробничої інфраструктури центральної дільниці є інкубаційний комплекс, споруджений і введений в

експлуатацію протягом 2006–2007 рр. Його проєктна потужність становить до 50 млн личинок риб за один сезон. Водопостачання інкубаційного комплексу здійснюється за автономною технологічною схемою із самопливним надходженням води з річки Кам’янка. Система включає водонапірний бак із засобами підігрівання води та механічний фільтр для попереднього очищення водного потоку від завислих частинок. Таке обладнання призначене для підтримання необхідних технологічних параметрів під час інкубації ікри та витримування личинок.

Матеріально-технічна база комплексу представлена лотками для переднерестового витримування плідників, інкубаційними апаратами типів Вейса, ВНДІПРГ, ІВЛ, «Амур», а також двоярусними лотковими установками для утримання та підрощування личинок. Функціонування інкубаційного комплексу забезпечує господарство власним рибопосадковим матеріалом, сприяє відтворенню цінних об’єктів аквакультури та зменшує залежність виробництва від зовнішніх постачальників молоді.

Таким чином, ТОВ «Сквираплемрибгосп» характеризується територіально розгалуженим ставовим фондом, наявністю спеціалізованої інкубаційної бази, застосуванням полікультури та поєднанням різних технологічних підходів до відтворення й вирощування риб. Водночас обмеженість водозабезпечення окремих виробничих дільниць потребує раціонального використання водних ресурсів і постійного контролю умов вирощування.

3.2. Аналіз динаміки росту цьоголіток коропа за використання різних форм цинку в комбікормах

Інтенсивність росту є одним із основних рибницько-біологічних показників, що характеризують результативність годівлі та особливості формування продуктивності риб. У зв’язку з цим досліджували динаміку

приростів маси цьоголіток коропа за часткового заміщення неорганічного цинку змішанолігандним комплексом у складі комбікормів.

Протягом шеститижневого експерименту риб усіх груп утримували за однакових технологічних умов. Відмінність між раціонами полягала у співвідношенні хімічних форм додатково введеного цинку: у контрольній групі використовували карбонат цинку, у другій дослідній групі 25 % елементарного цинку з цього джерела замінювали цинком зі змішанолігандного комплексу, а в третій – 15 %. Оцінювання ростових показників здійснювали за початковою масою риб, абсолютними тижневими приростами, сумарним приростом за період дослідження та розрахунковою кінцевою масою. Отримані результати наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Динаміка тижневих приростів маси цьоголіток коропа, г

Період досліду, тижнів	Група		
	1-а контрольна	2-а дослідна	3-я дослідна
Початок дослідження	49,8 ± 0,01	43,7 ± 0,06	49,23 ± 0,03
1-й тиждень	7,97 ± 0,08	8,22 ± 0,01	8,07 ± 0,01
2-й тиждень	8,84 ± 0,19	9,47 ± 0,12	9,33 ± 0,17
3-й тиждень	9,92 ± 0,23	10,84 ± 0,40	10,75 ± 0,16
4-й тиждень	11,27 ± 0,04	12,28 ± 0,05	12,27 ± 0,01
5-й тиждень	12,61 ± 0,08	13,72 ± 0,06	13,85 ± 0,17
6-й тиждень	14,01 ± 0,04	15,34 ± 0,01	15,31 ± 0,08

На початку експерименту середня маса цьоголіток коропа становила 49,80 г у контрольній групі, 43,70 г – у другій та 49,23 г – у третій групі. Початкова маса риб другої групи була на 12,25 % меншою порівняно з контролем, що необхідно враховувати під час оцінювання результатів вирощування.

Аналіз динаміки росту засвідчив поступове збільшення абсолютних тижневих приростів у всіх експериментальних групах. Упродовж першого

тижня вони становили 7,97–8,22 г, тоді як наприкінці досліду досягли 14,01–15,34 г. Найвищі показники протягом більшості тижневих інтервалів спостерігали у другій дослідній групі, раціон якої передбачав заміщення 25 % неорганічної форми додаткового цинку змішанолігандним комплексом. На другому та третьому тижнях прирости маси риб другої дослідної групи перевищували контрольні значення відповідно на 7,13 і 9,27 %, а третьої – на 5,54 і 8,37 % (рис. 5). У наступні тижні відносна перевага дослідних груп зберігалася. Зокрема, на шостому тижні приріст маси становив 14,01 г у контрольній групі, 15,34 г – у другій та 15,31 г – у третій, що відповідно на 9,49 і 9,28 % перевищувало контроль.

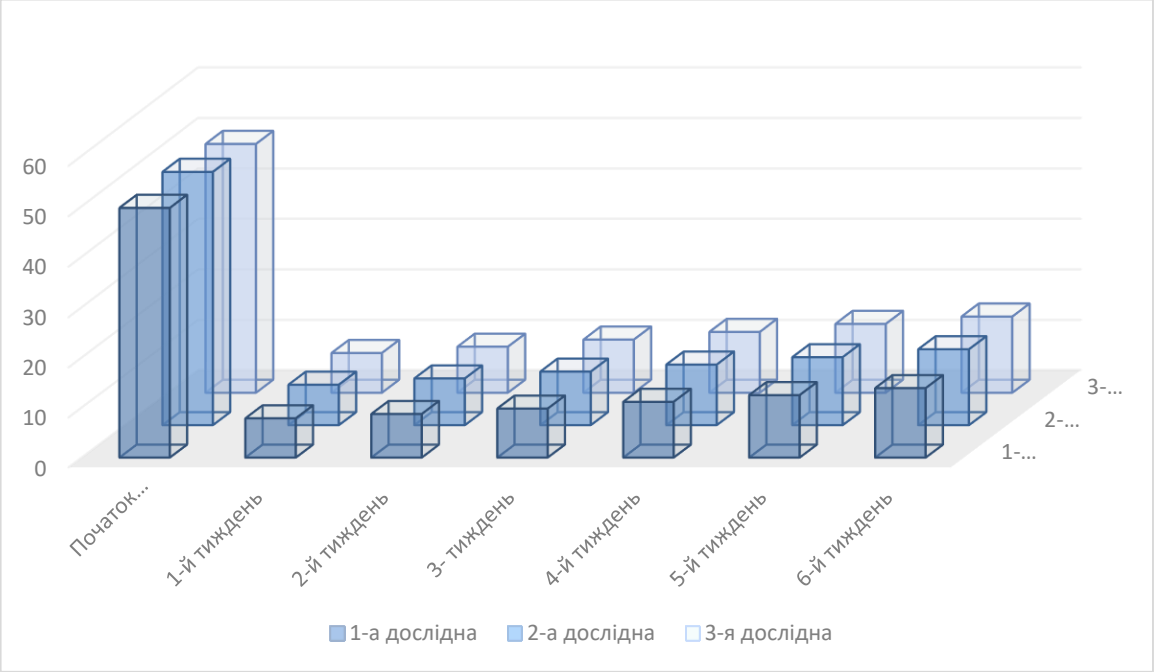

Рис. 5. **Динаміка тижневих приростів маси цьоголіток коропа за різних форм цинку в комбікормах.**

За весь період дослідження сумарний абсолютний приріст маси коропа становив 64,62 г у контрольній групі, 69,87 г – у другій та 69,58 г – у третій. Порівняно з контролем приріст риб другої дослідної групи був вищим на 5,25 г, або 8,12 %, а третьої – на 4,96 г, або 7,68 %. Середній тижневий приріст маси риб становив відповідно 10,77; 11,65 і 11,60 г, а середньодобовий за 42 доби експерименту – 1,54; 1,66 і 1,66 г. Різниця між дослідними групами за сумарним абсолютним приростом була незначною і становила лише 0,29 г.

З урахуванням початкової маси кінцева маса коропа становила 114,42 г у контрольній групі, 113,57 г – у другій та 118,81 г – у третій. Відносний приріст маси за період дослідження становив відповідно 129,76; 159,89 і 141,34 %. Найвище значення цього показника спостерігали у другій дослідній групі, однак його інтерпретація потребує врахування меншої початкової маси риб.

Порівняння результатів свідчить, що обидва дослідні раціони характеризувалися вищими абсолютними приростами маси порівняно з контрольним варіантом.

Водночас близькі значення приростів у другій і третій групах не дають підстав однозначно визначити перевагу одного з досліджених рівнів заміщення цинку без додаткового статистичного аналізу.

Упродовж експерименту збереженість риб у всіх групах становила 100 %. Це свідчить про відсутність зареєстрованої загибелі цьоголіток за досліджених умов утримання та годівлі.

Отже, часткове заміщення неорганічної форми цинку змішанолігандним комплексом у складі комбікормів супроводжувалося збільшенням абсолютних приростів маси цьоголіток коропа. За шеститижневий період перевага дослідних груп над контролем становила 7,68–8,12 %. Отримані результати вказують на перспективність подальшого оцінювання ефективності використання різних форм цинку з урахуванням фізіологічних показників риб, витрат корму та економічної результативності вирощування.

3.3. Оцінка гематологічних показників цьоголіток коропа за використання різних форм цинку в комбікормах

Гематологічні показники є важливими характеристиками фізіологічного стану риб, оскільки відображають особливості функціонування кровотворної системи, киснетранспортної функції крові та реакцій організму на умови вирощування. Їх визначення дає змогу доповнити оцінку ростових

характеристик і простежити зміни, що супроводжують використання різних кормових компонентів.

Для оцінювання гематологічного стану цьоголіток коропа досліджували кількість еритроцитів, лейкоцитів і тромбоцитів, концентрацію гемоглобіну та еритроцитарні індекси на початку і після завершення шеститижневого експерименту. Результати початкового дослідження наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Гематологічні показники крові цьоголіток коропа на початку дослідження

Показник	Групи досліду		
	1-а контрольна	2-а дослідна	3-я дослідна
Еритроцити, 10^{12}/л	0,96 ± 0,07	0,98 ± 0,04	1,03 ± 0,11
Лейкоцити, 10^{9}/л	86,5 ± 0,9	86,61 ± 0,4	88,11 ± 0,1
Тромбоцити, 10^{9}/л	27,93 ± 0,05	33,98 ± 0,16	36,94 ± 0,11
Середній обсяг еритроциту, фл	93,94 ± 0,5	94,73 ± 0,7	97,41 ± 0,6
Гемоглобін, г/л	64,32 ± 1,1	69,61 ± 0,2	69,76 ± 0,5
Середній вміст гемоглобіну в еритроциті, пг	67,0	71,03	67,73

На початку експерименту кількість еритроцитів у крові цьоголіток коропа становила 0,96–1,03 × 10^{12}/л, лейкоцитів – 86,50–88,11 × 10^{9}/л, а концентрація гемоглобіну коливалася в межах 64,32–69,76 г/л. За цими показниками міжгрупові відмінності були порівняно невеликими.

Більш виражені розбіжності спостерігали за кількістю тромбоцитів, яка в контрольній групі становила 27,93 × 10^{9}/л, у другій дослідній – 33,98 × 10^{9}/л, а в третій – 36,94 × 10^{9}/л. Порівняно з контролем цей показник був вищим відповідно на 21,66 і 32,26 %. Середній об’єм еритроцита на початку дослідження становив 93,94–97,41 фл, а середній вміст гемоглобіну в

еритроциті – 67,00–71,03 пг. Отримані результати використовували як вихідні значення для подальшого аналізу динаміки гематологічних характеристик.

Після завершення шеститижневого експерименту проведено повторне дослідження крові цьоголіток коропа, результати якого наведено в таблиці 4.

Таблиця 4

Гематологічні показники крові коропа наприкінці дослідження

Показник	Наприкінці дослідження		
	1-а контрольна	2-а дослідна	3-я дослідна
Еритроцити, 10^{12}/л	0,94 ± 0,15	1,21 ± 0,04	1,24 ± 0,08
Лейкоцити, 10^{9}/л	117,23 ± 1,8	121,18 ± 2,3	122,61 ± 1,2
Тромбоцити, 10^{9}/л	25,91 ± 0,07	42,93 ± 0,04	48,45 ± 0,08
Середній обсяг еритроциту, фл	167,97 ± 0,5	129,60 ± 0,6	136,44 ± 0,3
Гемоглобін, г/л	77,91 ± 0,8	89,41 ± 0,7	92,32 ± 0,4
Середній вміст гемоглобіну в еритроциті, пг	82,88	73,89	74,45

Аналіз кінцевих гематологічних показників засвідчив відмінності між контрольною та дослідними групами. Зокрема, кількість еритроцитів у контрольній групі становила 0,94 × 10^{12}/л, тоді як у другій і третій дослідних групах – відповідно 1,21 і 1,24 × 10^{12}/л. Порівняно з контролем ці значення були вищими на 28,72 і 31,91 %.

Упродовж експерименту кількість еритроцитів у контрольній групі зменшилася на 2,08 %, тоді як у другій дослідній збільшилася на 23,47 %, а в третій – на 20,39 %. Отже, у дослідних групах спостерігалося зростання кількості еритроцитів відносно початкового рівня.

Концентрація гемоглобіну наприкінці дослідження становила 77,91 г/л у контрольній групі, 89,41 г/л – у другій та 92,32 г/л – у третій. Відносно

початкових значень цей показник збільшився відповідно на 21,13; 28,44 і 32,34 %. Найвищу концентрацію гемоглобіну встановлено у третій дослідній групі, де вона перевищувала контрольне значення на 18,50 %.

Одночасне збільшення кількості еритроцитів і концентрації гемоглобіну в дослідних групах може характеризувати зміни киснетранспортного потенціалу крові. Кількість лейкоцитів протягом експерименту збільшилася в усіх групах. Наприкінці дослідження вона становила 117,23 × 10^9/л у контрольній групі, 121,18 × 10^9/л – у другій та 122,61 × 10^9/л – у третій. Перевага дослідних груп над контролем за цим показником становила відповідно 3,37 і 4,59 %. Водночас зміни загальної кількості лейкоцитів не дають підстав для однозначного висновку щодо стану імунного захисту без аналізу лейкоцитарної формули та інших показників імунного статусу.

Найбільші відносні міжгрупові відмінності наприкінці досліду спостерігали за кількістю тромбоцитів. У контрольній групі їхня концентрація становила 25,91 × 10^9/л, у другій дослідній – 42,93 × 10^9/л, а в третій – 48,45 × 10^9/л. Порівняно з контролем значення були вищими відповідно на 65,69 і 87,00 %.

Еритроцитарні індекси також характеризувалися неоднаковою динамікою. Середній об’єм еритроцита збільшився в усіх групах, проте найвище кінцеве значення спостерігали в контролі – 167,97 фл проти 129,60 і 136,44 фл у дослідних групах. Аналогічну закономірність встановлено за середнім вмістом гемоглобіну в еритроциті, який наприкінці дослідження становив відповідно 82,88; 73,89 і 74,45 пг.

Виявлені відмінності за еритроцитарними індексами потребують обережної інтерпретації, оскільки на відміну від ссавців, еритроцити й тромбоцити коропа мають ядра, що може впливати на результати автоматизованого гематологічного аналізу.

Узагальнюючи отримані результати ми бачимо, що наприкінці експерименту в дослідних групах спостерігали вищі середні значення кількості еритроцитів, лейкоцитів, тромбоцитів і концентрації гемоглобіну

порівняно з контролем. Найвищі значення зазначених показників встановлено у третій дослідній групі, де 15 % додатково введеного цинку замінювали цинком зі змішанолігандного комплексу.

Отже, використання раціонів із частковим заміщенням неорганічного цинку змішанолігандним комплексом супроводжувалося змінами гематологічних характеристик цьоголіток коропа. Найбільш помітними були відмінності за кількістю еритроцитів, тромбоцитів і концентрацією гемоглобіну.

3.4. Характеристика морфологічного складу тіла та виходу їстівних частин коропа за використання різних форм цинку в комбікормах

Морфологічний склад тіла риб є важливим показником їхньої технологічної та харчової цінності. Співвідношення м’язової, кісткової, жирової тканин та інших анатомічних компонентів характеризує особливості формування тіла й визначає вихід сировини, придатної для харчового використання. Особливе значення має частка м’язової тканини, яка становить основну частину їстівної продукції.

Для оцінювання морфологічного складу тіла після завершення шеститижневого експерименту з кожної піддослідної групи методом випадкового відбору формували вибірки коропів. У відібраних риб визначали масу окремих анатомічних компонентів, їхню частку в загальній масі та розрахунковий вихід їстівних частин. Абсолютні показники відображають сумарну масу відповідних компонентів у досліджених вибірках, а відносні – їхній відсотковий вміст (табл. 5). Аналіз морфологічного складу тіла коропа засвідчив, що основну частку в усіх дослідних групах становила м’язова тканина, відносний вміст якої коливався в межах 65,02–65,39 %. У контрольній групі цей показник дорівнював 65,02 %, у другій дослідній – 65,39 %, а в третій – 65,09 %.

Отже, найбільшу частку м’язової тканини встановлено у другій дослідній групі, де 25 % додатково введеного цинку заміщували змішанолігандним комплексом. Водночас відмінності між групами були незначними та не перевищували 0,37 відсоткового пункта.

Таблиця 5

Морфологічний склад тіла та вихід їстівних частин у вибірках коропа контрольної та дослідних груп

Показники	Група					
	1-а		2-а		3-я дослідна	
	г	% від маси	г	% від маси	г	% від маси
Маса риби	494,130	100,00	523,650	100,00	654,740	100,00
Маса: голови та плавників	81,600	16,51	85,786	16,38	109,900	16,79
шкіри	20,660	4,18	21,364	4,08	28,049	4,28
кісткової тканини	42,510	8,60	42,314	8,08	54,897	8,38
м’язової тканини	321,300	65,02	342,420	65,39	426,200	65,09
внутрішнього жиру	11,280	2,28	17,174	3,28	14,952	2,28
зябер, слизу, крові, порожнинної рідини	16,780	3,40	14,592	2,79	20,742	3,17
їстівних частин	332,580	67,31	359,594	68,67	441,152	67,38
неїстівних частин	161,550	32,69	164,056	31,33	213,588	32,62

Відносна маса інших анатомічних компонентів також характеризувалася близькими значеннями. Частка голови та плавників становила 16,38–16,79 %, шкіри – 4,08–4,28 %, а кісткової тканини – 8,08–8,60 %. Це свідчить про

подібні пропорції основних структурних компонентів тіла коропа незалежно від досліджуваного варіанта годівлі.

Більш помітні відмінності спостерігали за вмістом внутрішнього жиру. У контрольній і третій дослідній групах його частка становила 2,28 %, тоді як у другій дослідній – 3,28 %, що на 1,00 відсоткового пункта перевищувало контрольне значення. Така особливість може відображати відмінності в накопиченні енергетичних резервів.

Важливим критерієм технологічної оцінки риби є вихід їстівних частин. За прийнятим способом розрахунку їхня частка становила 67,31 % у контрольній групі, 68,67 % – у другій дослідній та 67,38 % – у третій. Найвищий відносний вихід їстівних компонентів встановлено у другій дослідній групі, де він перевищував контрольний показник на 1,36 відсоткового пункта.

У третій дослідній групі, раціон якої передбачав заміщення 15 % додатково введеного цинку органічною формою, вихід їстівних частин становив 67,38 %, що лише на 0,07 відсоткового пункта перевищувало контрольне значення. Отже, за відносним виходом їстівної продукції друга дослідна група характеризувалася дещо вищим показником, тоді як значення контрольної та третьої дослідної груп були практично однаковими.

Відповідно, частка неїстівних компонентів становила 32,69 % у контрольній групі, 31,33 % – у другій дослідній та 32,62 % – у третій. Найменше значення цього показника встановлено у другій дослідній групі, що узгоджується з найбільшим відносним виходом їстівних частин.

Порівняльний аналіз отриманих результатів показав, що за досліджених варіантів годівлі пропорції основних анатомічних компонентів тіла коропа залишалися близькими. Найбільш помітні відмінності стосувалися відносного вмісту внутрішнього жиру та сумарного виходу їстівних частин. Водночас абсолютні значення маси анатомічних компонентів характеризують досліджені вибірки загалом і не можуть безпосередньо використовуватися для оцінювання індивідуальної продуктивності риб.

Таким чином, найвищий розрахунковий вихід їстівних частин – 68,67 % – встановлено у другій дослідній групі, де 25 % додатково введеного цинку заміщували змішанолігандним комплексом. У третій дослідній групі цей показник становив 67,38 %, а в контрольній – 67,31 %. Отримані результати свідчать про близький морфологічний склад тіла коропа в усіх групах із дещо вищим відносним виходом їстівних компонентів у другій дослідній групі.

3.5. Дослідження морфологічного стану органів і систем коропа за використання різних форм цинку в комбікормах

Морфологічне дослідження є важливою складовою комплексного оцінювання фізіологічного стану риб, оскільки дає змогу виявити особливості анатомічної будови органів і систем, а також можливі макроскопічні зміни, пов’язані з умовами утримання та годівлі.

Після завершення шеститижневого експерименту проведено порівняльний макроскопічний огляд коропів контрольної та дослідних груп. Оцінювали зовнішню будову тіла, стан шкірного покриву, зябрового апарату, плавального міхура, серця, органів травлення та нирок. Основну увагу приділяли наявності видимих морфологічних відмінностей і патологічних змін. У контрольній групі використовували комбікорм із неорганічною формою цинку, тоді як у другій і третій дослідних групах відповідно 25 та 15 % додатково введеного цинку заміщували змішанолігандним комплексом. Результати морфологічного огляду узагальнено в таблиці 6.

Таблиця 6

Результати макроскопічного дослідження органів і систем коропа контрольної та дослідних груп

Орган або система	Морфологічна характеристик	Порівняльна оцінка між групами	Результати огляду
Зовнішня будова тіла	Тіло диференційоване на голову, тулуб і хвіст; рот висувний, із двома парами вусиків; щелепні зуби	Видимих відмінностей у загальному плані будови тіла не встановлено	Макроско пічних деформац

	відсутні, наявні глоткові зуби		ій не виявлено
Зябровий апара	Чотири функціональні зяброві дуги з кожного боку, зяброві пелюстки та вторинні ламели; виражена васкуляризація	Помітних відмінностей у зовнішньому вигляді зябрового апарату не встановлено	Видимих патологіч них змін не виявлено
Шкіра лусковий покрив	Шкіра вкрита слизом і лускою, виконує захисну та бар'єрну функції; відносна маса шкіри становила 4,08–4,28 %	Істотних за величиною відмінностей у відносній масі шкіри та видимих особливостях покривів не встановлено	Видимих ушкодже нь не виявлено
Плавальний міхур	Двокамерний, розташований дорсально від травного тракту; сполучений із переднім відділом травної системи пневматичною протокою	Видимих міжгрупових відмінностей не встановлено	Макроско пічних патологіч них змін не виявлено
Серцево-судинна систем	Одне коло кровообігу; серце складається з венозного синуса, передсердя, шлуночка та артеріального конуса, який переходить у вентральну аорту	За описовими спостереженнями маса серця у дослідних групах була дещо більшою; кількісних даних не наведено	Видимих структур них порушень не виявлено
Травна система	Безшлунковий тип травного тракту; стравохід, диференційовані відділи кишечника, печінка та підшлункова тканина; слизова оболонка блідо-рожева	Візуально відзначено кращий розвиток кишечника у дослідних групах, однак кількісного підтвердження немає	Видимих патологіч них змін не виявлено
Нирки видільна система	Нирки видовжені, темно-червоного забарвлення, розташовані дорсально вздовж хребтового стовпа	Видимих відмінностей у макроскопічній будові не встановлено	Макроско пічних патологіч них змін не виявлено
Загальна морфологічна оцінка	Будова досліджених органів і систем відповідала характерним видовим ознакам коропа	За результатами макроскопічного огляду виражених структурних відмінностей між групами не виявлено	Очевидни х макроско пічних патологій не зареєстро вано

За результатами зовнішнього огляду встановлено, що будова тіла коропів усіх груп відповідала характерним видовим ознакам. Тіло мало

видовжену форму, голова та плавники були сформовані без видимих деформацій. Стан шкірного й лускового покривів також не характеризувався очевидними патологічними змінами.

Відносна маса шкіри, визначена під час морфологічного аналізу, становила 4,18 % у контрольній групі, 4,08 % – у другій дослідній та 4,28 % – у третій. Незначні відмінності цього показника узгоджуються з результатами зовнішнього огляду, за якими виражених змін покривних тканин не встановлено.

Зябровий апарат у риб усіх груп характеризувався типовою для коропа будовою. Під час макроскопічного огляду видимих деформацій зябрових дуг, ушкоджень пелюсток та інших очевидних патологічних змін не виявлено. Водночас оцінювання стану зябрового епітелію та вторинних ламел потребує гістологічного дослідження.

Плавальний міхур коропів контрольної та дослідних груп мав характерну двокамерну будову й типове анатомічне розташування. Видимих порушень його цілісності або форми не встановлено.

Під час огляду серця також не виявлено очевидних структурних порушень. За описовими спостереженнями, у дослідних групах відзначали дещо більшу масу цього органа порівняно з контролем.

Органи травної системи коропа мали характерну для виду анатомічну будову. Під час огляду кишечника в дослідних групах візуально відзначено дещо більший його розвиток порівняно з контролем.

Нирки досліджених коропів характеризувалися типовими формою, розташуванням і забарвленням. Видимих патологічних змін або виражених відмінностей між групами не зареєстровано.

Узагальнення результатів макроскопічного дослідження засвідчило, що основні органи та системи коропів контрольної й дослідних груп зберігали характерні видові анатомічні ознаки. Виражених структурних порушень зябрового апарату, шкірного покриву, плавального міхура, серця, органів травлення та нирок не виявлено.

Таким чином, використання комбікормів із різним співвідношенням неорганічної та органічної форм цинку протягом шеститижневого експерименту не супроводжувалося виявленням виражених макроскопічних патологічних змін досліджених органів і систем коропа.

3.6. Дослідження хімічного складу м'язової тканини та органолептичних властивостей продукції коропа за використання різних форм цинку в комбікормах

Хімічний склад м'язової тканини та органолептичні властивості продукції є важливими показниками харчової й технологічної цінності риби. Їх формування залежить від видових особливостей, фізіологічного стану, умов вирощування та складу кормового раціону. Особливе значення має забезпеченість організму мікроелементами, зокрема цинком, який бере участь у регуляції білкового, ліпідного та інших обмінних процесів.

Для оцінювання якісних характеристик продукції коропа після завершення експерименту проведено лабораторне дослідження хімічного складу м'язової тканини в Білоцерківській міській державній клініці ветеринарної медицини. Визначали масову частку вологи, сирого протеїну, сирого жиру та золи. Результати наведено в таблиці 7.

Таблиця 7

Хімічний склад м'язової тканини коропа контрольної та дослідних груп, %

Показники	I контрольна	II дослідна	III дослідна
Волога	75,00	75,34	73,77
Сирий протеїн	20,85	20,71	21,66
Сирий жир	2,94	2,55	3,05
Зола	1,21	1,40	1,52

Аналіз хімічного складу м’язової тканини показав, що співвідношення основних компонентів у досліджуваних групах загалом було близьким. Найвищий вміст вологи встановлено у другій дослідній групі – 75,34 %, що на 0,34 відсоткового пункта перевищувало контрольне значення (75,00 %). У третій дослідній групі цей показник становив 73,77 %, тобто був нижчим за контроль на 1,23 відсоткового пункта.

Відповідно, розрахункова частка сухої речовини становила 25,00 % у контрольній групі, 24,66 % – у другій дослідній та 26,23 % – у третій. Найвищий вміст сухої речовини встановлено у третій дослідній групі, де він перевищував контрольне значення на 1,23 відсоткового пункта.

Масова частка сирого протеїну становила 20,85 % у контрольній групі, 20,71 % – у другій дослідній та 21,66 % – у третій. Найвищий показник встановлено у третій дослідній групі, де він перевищував контрольне значення на 0,81 відсоткового пункта. У другій дослідній групі вміст протеїну був нижчим за контроль на 0,14 відсоткового пункта.

За вмістом сирого жиру також спостерігали найвище значення у третій дослідній групі – 3,05 %, тоді як у контрольній воно становило 2,94 %, а в другій дослідній – 2,55 %. Отже, вміст жиру в третій дослідній групі перевищував контрольний показник на 0,11 відсоткового пункта, тоді як у другій дослідній був нижчим на 0,39 відсоткового пункта.

Масова частка золи в м’язовій тканині коропа контрольної групи становила 1,21 %, у другій дослідній – 1,40 %, а в третій – 1,52 %. Найвищий показник встановлено у третій дослідній групі, де він перевищував контрольне значення на 0,31 відсоткового пункта. Водночас вміст золи характеризує загальну кількість мінерального залишку, але не дозволяє визначити концентрацію окремих елементів, зокрема цинку.

Таким чином, м’язова тканина коропа третьої дослідної групи, в раціоні якої 15 % додатково введеного цинку заміщували органічною формою, характеризувалася найвищим вмістом сухої речовини, сирого протеїну, сирого жиру та золи. Водночас встановлені відмінності мають описовий характер,

оскільки дані щодо індивідуальної мінливості та статистичної значущості показників відсутні. Поряд із хімічним складом проведено органолептичне оцінювання вареного м’яса коропа за показниками соковитості та запаху. Результати наведено в таблиці 8.

Таблиця 8

Органолептична оцінка вареного м’яса коропа контрольної та дослідних груп, бали

Показники	I контрольна	II дослідна	III дослідна
Соковитість	4,95	4,96	4,97
Запах	4,91	4,93	5,00

Результати органолептичного оцінювання засвідчили високі бальні значення досліджуваних показників у всіх групах. Соковитість вареного м’яса коливалася в межах 4,95–4,97 бала, а запах – 4,91–5,00 бала. Найвищі оцінки за обома показниками отримано для продукції третьої дослідної групи: соковитість – 4,97 бала, запах – 5,00 бала. Проте міжгрупові відмінності були невеликими, особливо за соковитістю, де різниця між найбільшим і найменшим значеннями становила лише 0,02 бала.

Для розширення оцінки споживчих властивостей продукції проведено органолептичне дослідження бульйону, приготовленого з м’яса коропа. Оцінювали колір, смак, аромат, наваристість, прозорість і характер жирових крапель на поверхні. Результати наведено в таблиці 9.

Таблиця 9

Органолептична оцінка бульйону з м’яса коропа контрольної та дослідних груп, балів

Показники	I контрольна	II дослідна	III дослідна
Колір	4,92	4,96	4,98
Смак	4,90	4,94	5,00

продовження таблиці 9			
Аромат	4,88	4,92	4,98
Наваристість	4,90	4,94	5,00
Прозорість	4,89	4,94	4,98
Характер жирових крапель	4,90	4,96	5,00

За результатами органолептичного дослідження бульйон із м’яса коропа всіх груп характеризувався високими оцінками, які перебували в межах 4,88–5,00 бала. Найвищі значення за всіма показниками встановлено у третій дослідній групі.

Зокрема, смак, наваристість і характер жирових крапель бульйону третьої дослідної групи оцінено в 5,00 бала, а колір, аромат і прозорість – у 4,98 бала. Середня оцінка становила 4,99 бала проти 4,94 бала у другій дослідній та 4,90 бала в контрольній групі.

Отже, за результатами описового порівняння бульйон із м’яса коропа третьої дослідної групи отримав дещо вищі органолептичні оцінки. Водночас невеликі абсолютні відмінності між групами та відсутність інформації про кількість дегустаторів, повторність і варіабельність оцінок не дозволяють стверджувати про статистично підтверджене поліпшення сенсорних властивостей продукції.

Комплексне оцінювання хімічного складу м’язової тканини та органолептичних характеристик продукції засвідчило загалом близькі показники якості коропа контрольної та дослідних груп. Разом із тим у третій дослідній групі встановлено найвищий вміст сирого протеїну – 21,66 %, сирого жиру – 3,05 %, золи – 1,52 % та сухої речовини – 26,23 %. Варене м’ясо й бульйон із риби цієї групи також характеризувалися найвищими бальними оцінками за досліджуваними сенсорними показниками.

Таким чином, за результатами лабораторного й органолептичного досліджень продукція коропа третьої дослідної групи, де 15 % додатково

введеного цинку заміщували змішанолігандним комплексом, характеризувалася дещо вищими окремими показниками хімічного складу та сенсорної оцінки. Проте отримані результати мають описовий характер і не доводять безпосереднього впливу форми цинку на якість продукції без додаткового статистичного підтвердження.

3.7. Розрахункова економічна оцінка використання різних форм цинку в комбікормах для коропа

Економічна ефективність виробництва продукції аквакультури є одним із важливих критеріїв оцінювання доцільності застосування нових технологічних прийомів і кормових добавок. Особливе значення у вирощуванні риби має раціональне використання комбікормів, оскільки витрати на годівлю формують вагому частку виробничих витрат та впливають на собівартість отриманої продукції.

Одним із напрямів удосконалення годівлі коропа є використання органічних форм есенціальних мікроелементів, зокрема цинку. Застосування таких сполук може впливати на продукційні показники риби, однак економічна доцільність їх використання залежить не лише від приросту маси, а й від кількості спожитого корму та вартості кормових компонентів.

Метою розрахункової економічної оцінки було порівняння ефективності використання комбікормів із різним співвідношенням органічної та неорганічної форм цинку за показниками приросту біомаси коропа, умовних кормових витрат та розрахункової вартості комбікорму на одиницю отриманого приросту.

Експериментальне вирощування коропа (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) тривало 42 доби. Для дослідження сформовано три групи риб по 20 особин у кожній. У контрольній групі використовували комбікорм із неорганічною формою цинку, тоді як у другій і третій дослідних групах відповідно 25 і 15 % додатково введеного елементарного цинку заміщували органічною формою у

вигляді змішанолігандного комплексу. Загальна кількість додатково введеного елементарного цинку в раціонах залишалася однаковою.

Оскільки фактичні дані в господарстві щодо вартості використаного комбікорму за окремими групами були відсутні, економічне оцінювання ми здійснювали розрахунковим методом із використанням умовних вихідних параметрів. За основу прийнято фактичні показники середньої маси та приросту коропа, кількість комбікорму згодована для кожної групи, отримані нами під час експерименту.

Розрахункову ціну комбікорму встановлено на рівні 30,00 грн/кг.

Загальний приріст біомаси риби в кожній групі визначали за формулою:

$$\Delta B = (Мк - Мп) \times n / 1000,$$ де:

ΔВ – приріст біомаси групи, кг; Мк – середня кінцева маса однієї риби, г; Мп – середня початкова маса однієї риби, г; n – кількість риб у групі, шт.

Розрахунок здійснювали для 20 особин у кожній групі, оскільки протягом експерименту ми спостерігали повну збереженість риби.

Кормовий коефіцієнт визначали як відношення умовної кількості використаного комбікорму до приросту біомаси:

$$КК = К / \Delta B,$$ де:

КК –кормовий коефіцієнт, кг/кг; К – витрати комбікорму, кг; ΔВ – приріст біомаси риби, кг.

Умовні загальні витрати на комбікорм розраховували за формулою:

$$Вк = К \times Ц,$$ де:

Вк – витрати на комбікорм, грн; К – кількість комбікорму, кг; Ц – умовна ціна 1 кг комбікорму, грн.

Вартість комбікорму на одиницю приросту біомаси визначали за формулою:

$$Вп = Вк / \Delta B,$$ де:

Вп – розрахункова вартість комбікорму на 1 кг приросту біомаси, грн/кг.

Результати розрахункової економічної оцінки наведено в таблиці 10.

Таблиця 10

Розрахункова економічна оцінка використання комбікормів із різними формами цинку під час експериментального вирощування коропа

Показник	I контрольна група	II дослідна група	III дослідна група
Кількість риб, шт.	20	20	20
Середня початкова маса однієї риби, г	49,80	43,70	49,23
Середня кінцева маса однієї риби, г	114,42	113,57	118,81
Абсолютний приріст однієї риби, г	64,62	69,87	69,58
Розрахунковий приріст біомаси групи, кг	1,2924	1,3974	1,3916
Витрати комбікорму за 42 доби, кг	2,80	2,80	2,80
Розрахунковий кормовий коефіцієнт, кг/кг	2,17	2,00	2,01
Умовна ціна комбікорму, грн/кг	30,00	30,00	30,00
Загальні умовні витрати на комбікорм, грн	84,00	84,00	84,00
Розрахункова вартість комбікорму на 1 кг приросту, грн	65,00	60,11	60,36

Аналіз продукційних результатів показав, що протягом 42 діб вирощування найбільший абсолютний приріст маси однієї риби встановлено у другій дослідній групі – 69,87 г. У третій дослідній групі цей показник становив 69,58 г, а в контрольній – 64,62 г.

Відповідно, розрахунковий приріст біомаси групи становив 1,2924 кг у контрольному варіанті, 1,3974 кг – у другій дослідній групі та 1,3916 кг – у третій. Порівняно з контролем приріст біомаси другої дослідної групи був більшим на 0,1050 кг, або 8,12 %, а третьої – на 0,0992 кг, або 7,68 %.

За однакової кількості згодованого комбікорму кормовий коефіцієнт у контрольній групі становив 2,17 кг/кг, у другій дослідній – 2,00 кг/кг, а в третій – 2,01 кг/кг.

Найменше значення кормового коефіцієнта встановлено у другій дослідній групі. Це пояснюється тим, що за однакової кількості корму в цій групі отримано найбільший приріст біомаси.

За умовної ціни комбікорму 30,00 грн/кг загальні витрати на годівлю кожної групи становили 84,00 грн. Оскільки величина приросту біомаси відрізнялася, розрахункова вартість комбікорму на одиницю отриманого приросту також була неоднаковою.

У контрольній групі цей показник становив 65,00 грн/кг, у другій дослідній – 60,11 грн/кг, а в третій – 60,36 грн/кг.

Отже, у межах прийнятої моделі найменшу вартість комбікорму на одиницю приросту біомаси отримано для другої дослідної групи. Порівняно з контролем вона була нижчою на 4,89 грн/кг, або приблизно 7,52 %. У третій дослідній групі відповідне зменшення становило 4,64 грн/кг, або 7,14 %.

Одержані результати характеризують співвідношення між фактичними показниками приросту коропа та кормовими витратами. За однакової кількості й ціни комбікорму вищий приріст біомаси закономірно забезпечує менші розрахункові витрати кормових ресурсів на одиницю приросту.

Таким чином, проведена розрахункова економічна оцінка дозволила порівняти продукційну віддачу кормових ресурсів за використання різних форм цинку в комбікормах для коропа. За умов однакових модельних витрат корму та його ціни найменшу розрахункову вартість комбікорму на одиницю приросту встановлено у другій дослідній групі, де 25 % додатково введеного елементарного цинку заміщували органічною формою.

Отже, результати моделювання засвідчили, що за прийнятих умовних параметрів годівлі друга дослідна група характеризувалася найвищим приростом біомаси та найменшими розрахунковими витратами комбікорму на одиницю приросту.

ВИСНОВКИ

1. У результаті проведених досліджень оцінено вплив часткового заміщення неорганічної форми цинку органічним змішанолігандним комплексом у складі комбікормів на продукційні показники, фізіологічний стан та якісні характеристики продукції коропа (*Cyprinus carpio*). Експеримент тривав 42 доби та передбачав порівняння трьох груп риб по 20 особин у кожній. У другій і третій дослідних групах відповідно 25 і 15 % додатково введеного елементарного цинку заміщували органічною формою за однакового загального рівня його введення.

2. Упродовж експериментального періоду в усіх групах спостерігалося збільшення маси тіла коропа. Найвищий абсолютний приріст однієї риби встановлено у другій дослідній групі – 69,87 г, що на 5,25 г, або 8,12 %, перевищувало контрольний показник (64,62 г). У третій дослідній групі приріст становив 69,58 г, перевищуючи контроль на 4,96 г, або 7,68 %. Отримані результати свідчать про відмінності продукційних показників між досліджуваними варіантами годівлі.

3. Кінцева середня маса коропа становила 114,42 г у контрольній групі, 113,57 г – у другій дослідній та 118,81 г – у третій. Найбільшу кінцеву масу встановлено у третій дослідній групі, тоді як найвищий абсолютний приріст – у другій. Це зумовлює необхідність врахування початкових відмінностей маси риб під час порівняння результатів вирощування.

4. Аналіз хімічного складу м’язової тканини коропа засвідчив загалом близькі значення досліджуваних показників у контрольній і дослідних групах. Найвищий вміст сирого протеїну (21,66 %), сирого жиру (3,05 %) та золи (1,52 %) встановлено у третій дослідній групі, де частка заміщення неорганічної форми цинку органічною становила 15 %. Вміст сухої речовини в цій групі досягав 26,23 %, що на 1,23 відсоткового пункта перевищувало контрольне значення.

5. Органолептичне оцінювання вареного м’яса коропа показало високі значення соковитості та запаху в усіх групах. Найвищі оцінки отримано для продукції третьої дослідної групи – відповідно 4,97 та 5,00 бала. За результатами дослідження бульйону середня органолептична оцінка становила 4,90 бала в контрольній групі, 4,94 бала – у другій дослідній та 4,99 бала – у третій. Водночас міжгрупові відмінності були невеликими й потребують додаткового статистичного підтвердження.

6. За результатами економічної оцінки приріст біомаси 20 коропів за умови їх повної збереженості становив 1,2924 кг у контрольній групі, 1,3974 кг – у другій дослідній та 1,3916 кг – у третій. За однакових витрат комбікорму (2,80 кг на групу) кормовий коефіцієнт становив відповідно 2,17; 2,00 та 2,01 кг/кг.

7. За умовної ціни комбікорму 30,00 грн/кг найменшу розрахункову вартість корму на одиницю приросту біомаси встановлено у другій дослідній групі – 60,11 грн/кг проти 65,00 грн/кг у контрольній та 60,36 грн/кг у третій дослідній групі.

8. Узагальнення результатів дослідження показало, що часткове заміщення неорганічної форми цинку змішанолігандним комплексом супроводжувалося відмінностями в інтенсивності росту коропа та окремих показниках якості продукції. За абсолютним приростом перевагу мала друга дослідна група (25 % заміщення), тоді як за вмістом основних компонентів м’язової тканини та органолептичними оцінками – третя (15 % заміщення).

ПРОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Рибницьким господарствам, які здійснюють вирощування коропа (*Cyprinus carpio*), рекомендується розглянути можливість дослідно-виробничого застосування комбікормів із частковим заміщенням неорганічної форми цинку органічним змішанолігандним комплексом за умови збереження нормативного рівня загального вмісту цинку в раціоні.

2. У господарствах, орієнтованих на отримання рибної продукції з високими якісними характеристиками, доцільно додатково дослідити варіант заміщення 15 % додатково введеного цинку змішанолігандним комплексом. У цій дослідній групі встановлено найвищий вміст сирого протеїну (21,66 %), сирого жиру (3,05 %) та найвищу середню органолептичну оцінку бульйону (4,99 бала).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Alderman S. L. et al. Central and peripheral glucocorticoid receptors are involved in the plasma cortisol response to an acute stressor in rainbow trout. General and comparative endocrinology. 2012. V. 176. №. 1. P. 79-85.

2. Amiard-Triquet C., Cossu-Leguille C., Mouneyrac C. Biomarkers of defense, tolerance, and ecological consequences. Ecological biomarkers: indicators of ecotoxicological effects. 2013. С. 45-74.

3. Antony Jesu Prabhu P., Schrama J. W., Kaushik S. J. Mineral requirements of fish: a systematic review. Reviews in Aquaculture. 2016. Vol. 8, № 2. P. 172–219. DOI:

4. Bernier N. J., Flik G., Klaren P. H. M. Regulation and contribution of the corticotropic, melanotropic and thyrotropic axes to the stress response in fishes. Fish physiology. 2009. V. 28. P. 235-311.

5. Biological substantiation of improvement of biotechnological map of production of aquaculture products "eco – direction" / Honcharova O. V. et al. // Ukrainian Journal of Ecology. 2020. Vol. 10(1). P. 261–266.

6. Dekani L., Johari S. A., Joo H. S. (2019). Comparative toxicity of organic, inorganic and nanoparticulate zinc following dietary exposure to common carp (Cyprinus carpio). Science of the Total Environment. Vol. 656. P. 1191–1198.

7. Fegan D. F. Functional foods for aquaculture: benefits of NuPro® and dietary nucleotides in aquaculture feeds // Nutritional biotechnology in the feed and food industries : Alltech’s 22nd Annual Symposium, Lexington, Kentucky, USA, 23–26 April 2006 : proceed. Lexington, Kentucky, USA, 2006. P. 419–432.

8. GDV Technology Applications for Cosmetic Sciences / Vainshelboim A. L. et al. // IEEE 18th Symposium on Computer–Based Medical Systems (CBMS 2005). Dublin, 2005.

9. Halwart M., S. Funge– Smith, J. Moehl. Review of the state of world aquaculture, FAO Fisheries Circular. 2003. 886(2): P. 47 – 58.

10. Parveen S., Tayyab M., Khan M. F., Hussain M., Fatima N., Khail J., Xu Y., Zhu P., Shafique L. Impact of zinc supplementation on growth, antioxidant status, and physiological health of Cyprinus carpio (Common Carp): Evaluating the optimal dietary zinc requirements. Aquaculture Reports. 2025. Vol. 44. Article 103058. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2025.103058.

11. Jeng S. S., Sun L. T. Effects of dietary zinc levels on zinc concentrations in tissues of common carp. The Journal of Nutrition. 1981. Vol. 111, № 1. P. 134–140. DOI: 10.1093/jn/111.1.134.

12. Kofonov K., Potrokhov O. S., Zinkovskiy O. G. Viability of Juvenile Cyprinids under Elevated Content of Ammonium and Phosphates. Hydrobiological Journal. 2020. V. 56. №. 5. P. 91-100.

13. Korotkov K. G., Matravers P., Orlov D. V. Application of electrophoton capture (EPC) analysis based on gas discharge visualization (GDV) technique in medicine: a systematic review // Journal of alternative and complementary medicine. 2010. Iss. 16(1). P. 13–25.

14. Korzhov Ye. I., Kutishchev P. S., Honcharova O. V. Influence of water balance elements change on the salinity regime of the Dnieper–Bug estuary // Innovative development of science and education III International Scientific and Practical Conference, Athens, Greece, 24–26 May 2020 : abstracts. Athens, Greece, 2020. P. 225 – 231.

15. Lall S. P., Kaushik S. J. Nutrition and Metabolism of Minerals in Fish. Animals. 2021. Vol. 11, № 9. Article 2711. DOI: 10.3390/ani11092711.

16. Liang X., Cao C., Chen P. et al. (2020). Effects of dietary zinc sources and levels on growth performance, tissue zinc retention and antioxidant response of juvenile common carp (Cyprinus carpio var. Jian) fed diets containing phytic acid. Aquaculture Nutrition. Vol. 26(2). P. 410–421.

17. Loboiko Y. V., Shtynda L. Y., Sobolev O. I., Barylo I. S., Herus R. V. (2026). Technology for rearing cyprinid fish using a feed diet supplemented with the vitamin-mineral-amino acid premix “Super Korop Boost 2%”. Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences. Vol. 9(4). P. 52–59.

18. Microalgae as a potential ingredient for partial fish meal replacement in aquafeeds: nutrient stability under different storage conditions / Camacho–Rodriguez J. et al. // J. Applied Phycol. 2018. doi: 10.1007/s10811–017–1281–5.

19. Microbial protein: future sustainable food supply route with low environmental footprint / Matassa S. et al. // Microbial biotechnology. 2016. Vol. 9(5). P. 568 – 575.

20. Mukherjee S. et al. Responses of succinate dehydrogenase and non-specific alkaline phosphatases and mortality of tilapia to ambient pH stress in a sewage-fed aquaculture pond. Indian Journal of Experimental Biology. 2007. T. 45. №. 7. P. 630-637.

21. Mushigeri S. B., David M. Accumulation of fenvalerate and related changes in lactate and succinate dehydrogenases activity in functionally different tissues of the freshwater fish, Cirrhinus mrigala (Hamilton). Journal of basic and clinical physiology and pharmacology. 2004. T. 15. №. 3-4. P. 143-152.

22. Norris D. O., Lopez K. H. (ed.). Hormones and reproduction of vertebrates. Academic Press, 2010. V. 1. 1600 p.

23. Organic Agriculture / Boehmer St. et al. NAL, U.S. DA : Alternative Farming Systems Information Center, 2005. 262 p.

24. Panserat S., Marandel L., Seiliez I., Skiba-Cassy S. New Insights on Intermediary Metabolism for a Better Understanding of Nutrition in Teleosts. Annual Review of Animal Biosciences. 2019. Vol. 7. P. 195–220. DOI: 10.1146/annurev-animal-020518-115250.

25. Pivovarov O., Mykolenko S., Honcharova O. Comprehensive food safety and quality assessment of plasma–chemically activated water usage // Development of natural sciences in countries of the European Union taking into account the challenges of XXI. Lublin, Poland : Baltija Publishing, 2018. 480 p.

26. Ramesh M., Saravanan M., Kavitha P. Hormonal responses of the fish, Cyprinus carpio, to environmental lead exposure. African Journal of Biotechnology. 2009. V. 8. №. 17.

27. Romanova, E.M. Biology of reproduction of catfish (Clariasgariepinus, Burchell,1822) in high– tech industrial aquaculture/ E.M. Romanova, V.N. Lyubomirova,V.V. Romanov, M.E. Mukhitova, T.M. Shlenkina, L.A. Shadyeva, I.S. Galushko//Journal of Fundamental and Applied Sciences. 2018. T. 10. № 5S. P. 1116– 1129.

28. Romanova, E.M. Seasonal studies of caviar production and the growth rate ofthe african catfish (Clariasgariepinus, Burchell, 1822)/ E.M. Romanova, V.N. Lyubomirova, V.V. Romanov, M.E. Mukhitova, T.M.Shlenkina// Egyptian Journal ofAquatic Research. 2018. T. 44. № 4. P. 315– 319.

29. Shah Z. U., Parveen S., Bhat B. N. Hormonal Response of Freshwater Fish Cyprinus carpio (Linnaeus) to Dimethoate Exposure. World. 2019. V. 8. №. 3. P. 1-7.

30. Shtynda L., Loboiko Y., Barylo I., Barylo B. (2025). Studying the effectiveness of using different concentrations of the “Super Korop Boost” premix in carp feeding. Feeds and Feed Production. № 100. P. 192–203.

31. Song Z.-X. et al. Dietary zinc deficiency reduced growth performance, intestinal immune and physical barrier functions related to NF-κB, TOR, Nrf2, JNK and MLCK signaling pathway of young grass carp (Ctenopharyngodon idella). Fish & Shellfish Immunology. 2017. Vol. 66. P. 497–523. DOI: 10.1016/j.fsi.2017.05.048.

32. Zhou C., Xu D., Lin K. et al. Intelligent feeding control methods in aquaculture with an emphasis on fish: a review. Reviews in Aquaculture. 2018. Vol. 10, № 4. P. 975–993. DOI: 10.1111/raq.12218.

33. Арсан В. О. Роль марганцю в обміні речовин у риб // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Біологія. Тернопіль : ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2010. № 4 (45). С. 168–171.

34. Вогнівенко Л. П., Євтушенко М. Ю., Шевряков М. В., Пентилюк С. І. Біохімія гідробіонтів. Херсон. Олді-плюс, 2009. 536 с.

35. Вода рибогосподарських підприємств. Загальні вимоги та норми:

СОУ- 05.01.-37- 385:2006. [Чинний від 2007-07-16]. К.: Міністерство аграрної політики України. 2006. С. 7.

36. Гончарова О. В., Параняк Р. П., Гутий Б. В. Функціональний стан організму прісноводних риб за умов впливу абіотичних чинників // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького. 2019. Т. 21, № 90. С. 82–87. (Серія : Сільськогосподарські науки).

37. Гриценко О.В. Перспективи розвитку спеціалізованих кормів для аквакультури в Україні. // Рибогосподарська наука України. 2020. № 4. С. 21-35.

38. Грициняк І. І. Науково–практичні основи раціональної годівлі риб. Київ, 2007. 237 с.

39. Ефективність застосування вітамінно-мінеральної добавки у раціоні коропових риб : науково-практичні рекомендації / Смолянінов К. Б., Масюк М. Б., Руденко О. П., Забитівський Ю. М., Віщур О. І. протокол № 9 від 16.12.2015 р. Львів : ТзОВ «Смарт Систем ЛТД» 2018. 19 с.

40. Іванеха Є.В. Важкі метали та хлорорганічні сполуки в об’єктах аквакультури та середовищі їх проживання. Актуальні проблеми аквакультури. Використання водних біоресурсів. 2005. С. 94–96.

41. Ковальчук О.П. Вплив різних типів годівлі на репродуктивні показники коропових риб. // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій. 2020. Т. 22, № 95. С. 67-72.

42. Кофонов К. Вплив високих концентрацій хлориду амонію на гормональний статус молоді коропа. Водні екосистеми та збереження їх біорізноманіття: зб. наук. праць. Житомир: ПНУ, 2020. С. 48-50.

43. Кофонов К. Вплив підвищеного вмісту біогенів у воді на коропові види риб. Біологічні дослідження. Збірник наукових праць. Житомир: ПП «Рута», 2017. С. 86-88.

44. Кофонов К. Життєстійкість молоді коропових видів риб за дії

високих концентрацій азоту та фосфору. Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті проблем довкілля та соціальних викликів: зб. мат. VIII з'їзду Гідроекологічного товариства України, присв. 110-річчя заснування Дніпровської гідробіологічної станції. К: 2019. С. 121-124.

45. Марків В.С., Хоменчук В.О., Курант В.З. Накопичення кобальту в організмі прісноводних риб за його підвищеного вмісту у воді. Допов. Нац. акад. наук Укр. 2023. № 6. С. 78–82.

46. Мерзлова Г. В., Міщенко В. В. (2026). Хімічні та біохімічні показники організму коропа за згодовування кормової добавки коензиму. Ветеринарія, технології тваринництва та природокористування.

47. Наукове обґрунтування раціональної годівлі риб: довідково–навчальний посібник / Шерман І. М. та ін. Київ : Вища освіта, 2002. 126 с.

48. Паламарчук Р. А., Дерень О. В. Вплив амаранту *Amaranthus* (Linnaeus) на якісні та продуктивні показники цьоголіток коропа *(Cyprinus carpio* (Linnaeus)) за введення його до складу раціону // Рибогосподарська наука України. 2018. № 3. С. 89–102.

49. Поліщук О.І. Ефективність використання стандартних комбікормів у відтворенні коропових риб. // Збірник наукових праць Інституту рибного господарства. 2021. Вип. 86. С. 114-123.

50. Руденко О. П. Гематологічний профіль крові риб за дії вітамінно-мінеральної добавки. Аграрна наука та освіта Поділля : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (Кам'янець-Подільський, 14–16 берез. 2017 р.). Кам'янець-Подільський, 2017. С. 146– 148.

51. Смолянінов К. Б., Віщур О. І., Фурманевич М. Б. та ін. (2014). Вплив добавок йоду, цинку і селену до раціону плідників коропа на активність антиоксидантної системи в їх організмі. Науково-технічний бюлетень Інституту біології тварин та ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок. Вип. 15, № 4. С. 87–90.

52. Соборова О. М. Рибництво. Розділ Годівля риб [Електронний ресурс] : курс лекцій для здобувачів спец. 207 Водні біоресурси та

аквакультура / О. М. Соборова. Електронні текстові дані (1 файл : 1,5 МБ). Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2025. 152 с

53. Спосіб підвищення імунного потенціалу та продуктивності коропових риб : декл. пат. на корис. модель № 124321, Україна / Віщур О. І., Руденко О. П., Гутий Б. В. № u201705536 ; заявл. 06.06.2017; опубл. 10.04.2018, Бюл. № 7.

54. Стандарт міжнародних акредитованих органів сертифікації з органічного виробництва та переробки, еквівалентний стандарту Європейського Союзу. Версія 17. [Б. м.], 2017. 104 с.

55. Ткаченко Г.В. Вплив умов годівлі маточного поголів'я на якість потомства коропа. // Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. 2022. Т. 24, № 97. С. 89-95.

56. Череп О. М. Оптимізація раціонів за використання органічних сполук мінералів при годівлі прісноводних риб в акваріумальних умовах на базі Нікопольського коледжу Дніпровського державного аграрно-економічного університету : магістерська дипломна робота зі спеціальності 207 «Водні біоресурси та аквакультура» / наук. керівник А. В. Горчанок. Дніпро : Дніпровський державний аграрно-економічний університет, 2022. 57 с. URL: https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/6277.

57. Шепетько В.В. Сезонна динаміка фізіолого-біохімічних показників коропа за умов інтенсивної аквакультури. // Рибогосподарська наука України. 2021. № 3. С. 45-56.

58. Клименко М. О., Петрук В. Г., Мокін В. Б., Вознюк Н. М. Методологія та організація наукових досліджень (в екології): підручник. Стереотипне видання. Херсон : Олді-Плюс, 2019. 474 с.

59. Надикто В. Т. Основи наукових досліджень: підручник. Стереотипне видання. Херсон : Олді-Плюс, 2019. 268 с.

60. Положення про академічну доброчесність у Білоцерківському національному аграрному університеті. Біла Церква, 2026. 9 с. URL:

https://education.btsau.edu.ua/sites/default/files/DOC/pologenua/polog_academ_dobroch_2026.pdf (дата звернення: 25.10.2026).

61. Положення про використання штучного інтелекту в Білоцерківському національному аграрному університеті. 6 с. URL: https://files.btsau.edu.ua/sites/default/files/doc/norm_doc/polog_vikorist_shi.pdf (дата звернення: 25.10.2026).

62. Рекомендації щодо відповідального впровадження та використання технологій штучного інтелекту в закладах вищої освіти / Міністерство освіти і науки України, Міністерство цифрової трансформації України. Київ, 2025. 56 с. URL: https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/news/2025/04/24/shi-v-zakladakh-vyshchoi-osvity-24-04-2025.pdf (дата звернення: 25.10.2026).