



## БІОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ЕКОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ СТРАТЕГІЙ ГОДІВЛІ КОРОПА (*CYPRINUS CARPIO* L.) У ВОДОЙМАХ ЖИТОМИРЩИНИ

Оксана ЛАВРИНЮК<sup>1</sup>, Вадим МУДРЕНКО<sup>2</sup>

Дослідження присвячене комплексному аналізу функціонування кормової бази та оцінці ефективності стратегій годівлі у рибних господарствах Житомирської області протягом 2022–2024 років. У роботі обґрунтовано, що витрати на корми є ключовим детермінантом економічної стійкості аквакультури, становлячи до 70% собівартості. Особливу увагу приділено біологічній відповіді організму коропа на зміну раціонів. Встановлено, що зростання коефіцієнта конверсії корму (FCR) з 2,37 до 4,09 корелює з порушенням метаболічного балансу риб. Дефіцит незамінних амінокислот та вітамінів у низькоякісних кормах призводить до сповільнення пластичного обміну та зниження резистентності імунного бар'єру коропа до патогенів. Проаналізовано динаміку росту іхтіомаси залежно від засвоюваності протеїнових компонентів, що є критичним для формування фізіологічно здорової популяції. З екологічного погляду доведено, що нераціональна годівля є джерелом вторинного забруднення водойм. Недоїдений корм та надлишкова екскреція продуктів азотистого обміну провокують антропогенну евтрофікацію ставків Полісся. Запропоновано методіку інтегрованого показника FCR, який враховує споживання природної кормової бази (фіто-, зоопланктону та бентосу). Це дозволяє оптимізувати трофічне навантаження на екосистему та зберегти біорізноманіття мікроорганізмів. В контексті медичної біології та дієтології обґрунтовано, що якість стратегії годівлі безпосередньо впливає на нутрієнтний профіль товарної риби. Встановлено, що корекція раціонів за допомогою високоякісних добавок сприяє накопиченню в м'язовій тканині коропа поліненасичених жирних кислот (Омега-3, Омега-6) та легкозасвоюваних білків. Це підвищує біологічну цінність продукції для кінцевого споживача, мінімізуючи ризики накопичення в рибі шкідливих продуктів перекисного окиснення ліпідів.

**Ключові слова:** аквакультура, короп, коефіцієнт конверсії корму (FCR), кормова база, Житомирська область, екологізація рибництва.

<sup>1</sup>Кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури, Поліський національний університет, Старий бульвар, 7, Житомир 10008, Україна; e-mail: [Oksana\\_lavren@ukr.net](mailto:Oksana_lavren@ukr.net)

<sup>2</sup>Житомирський медичний інститут, вул. Велика Бердичівська, 6/15, Житомир, 10002, Україна

Лавринюк О.: <https://orcid.org/0000-0003-3145-3689>

Мудренко В.: <https://orcid.org/0009-0005-3292-2768>

### **Biological substantiation and ecological efficiency of carp (*Cyprinus carpio* L.) feeding strategies in the water bodies of the Zhytomyr Region**

**Lavryniuk O.<sup>1</sup>, Mudrenko V.<sup>2</sup>**

The study is devoted to a comprehensive analysis of the forage base functioning and an assessment of the effectiveness of feeding strategies in fish farms of the Zhytomyr region during 2022–2024. The paper substantiates that feed costs are a key determinant of the economic sustainability of aquaculture, accounting for up to 70 % of production costs. Particular attention is paid to the biological response of the carp organism to changes in diets. It was established that an increase in the feed conversion ratio (FCR) from 2.37 to 4.09 correlates with a disturbance in the metabolic balance of the fish. Deficiencies of essential amino acids and vitamins in low-quality feeds lead to a slowdown in anabolic processes and a decrease in the resistance of the carp's immune barrier to pathogens. The dynamics of ichthyomass growth were analyzed depending on the digestibility of protein components, which is critical for the formation of a physiologically healthy population. From an ecological perspective, it is proven that irrational feeding is a source of secondary pollution of water bodies. Uneaten feed and excessive excretion of nitrogen metabolism products provoke anthropogenic eutrophication of Polissya ponds. A methodology for an integrated FCR index is proposed, which takes into account the consumption of the natural forage base (phyto-, zooplankton, and benthos). This allows for the optimization of the trophic load on the ecosystem and the preservation of the biodiversity of microorganisms that perform the function of biological self-purification. In the context of biomedicine and nutritional science, it is substantiated that the quality of the feeding strategy directly affects the nutrient profile of marketable fish. It was found that diet correction using high-quality additives promotes the accumulation of polyunsaturated fatty acids (Omega-3, Omega-6) and easily digestible proteins in carp muscle tissue. This increases the biological value of the product for the end consumer, minimizing the risks of accumulation of harmful lipid peroxidation products in the fish.

**Key words:** aquaculture, carp, feed conversion ratio (FCR), forage base, Zhytomyr region, sustainable fish farming.

<sup>1</sup>Department of Bioresources, Animal Husbandry and Aquaculture, Polissia National University, 7 Staryi Blvd, Zhytomyr 10008, Ukraine; e-mail: [Oksana\\_lavren@ukr.net](mailto:Oksana_lavren@ukr.net)

<sup>2</sup>Zhytomyr Medical Institute, 6/15 Velyka Berdychivska St, Zhytomyr 10002, Ukraine

Lavryniuk O.: <https://orcid.org/0000-0003-3145-3689>

Mudrenko V.: <https://orcid.org/0009-0005-3292-2768>

## Вступ

Дослідження особливостей використання кормів у коропівництві Житомирщини зумовлене комплексом біомедичних, екологічних та економічних чинників. Оскільки кормові витрати формують 60–70% собівартості продукції, оптимізація коефіцієнта конверсії є ключовим інструментом підвищення рентабельності. Однак, окрім економічного аспекту, низька ефективність годівлі (ріст FCR до 4,1) свідчить про глибокі біологічні порушення в організмі коропа (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758.), зокрема дисбаланс азотистого обміну та жирову інфільтрацію печінки.

Наукова новизна роботи полягає в адаптації кормових стратегій до специфіки напівінтенсивних господарств Полісся з урахуванням фізіологічних потреб риби. Раціоналізація годівлі дозволяє мінімізувати екологічні ризики антропогенної евтрофікації та запобігає акумуляції нез'їдених решток на дні, що в умовах кислих ґрунтів Полісся провокує анаеробне гниття та пригнічує біоіндикаторні види бентосу (*Chironomidae*). З позиції превентивної медицини, оптимізація раціонів є критичною для формування якісного нутрієнтного профілю риби, забезпечуючи накопичення в м'язах незамінних жирних кислот та легкозасвоюваного білка, що підвищує дієтичну цінність продукції для населення.

Метою роботи є провести системний аналіз сучасних стратегій, компонентної структури та біологічної ефективності використання кормових ресурсів у коропівництві Житомирської області. Дослідження спрямоване на розробку науково-методичного підґрунтя для оптимізації раціонів. Це дозволить не лише забезпечити економічну рентабельність, а й підтримувати гомеостаз водних екосистем та гарантувати виробництво біологічно безпечної харчової сировини в межах Поліського регіону.

## Матеріал та методики

Для комплексного розв'язання поставлених завдань було застосовано інтегрований підхід, що поєднує зоотехнічні, гідробіологічні та біохімічні методи. Методологічну основу роботи становить системний підхід, що базується на поєднанні загальнонаукових методів із вузькоспеціалізованими біологічними та гідроекологічними дослідженнями. Для досягнення об'єктивності результатів та розкриття біоекономічного потенціалу господарств було застосовано такий інструментарій: теоретико-аналітичні методи (аналіз та синтез використовувалися для вивчення динаміки кор-

мових витрат та їх впливу на фізіологічний стан риб, метод індукції та дедукції дозволив екстраполювати дані, отримані в окремих господарствах Житомирщини, на загальні тенденції розвитку аквакультури Полісся), метод пояснення та узагальнення (застосований для встановлення причинно-наслідкових зв'язків між якістю годівлі, зміною показника FCR та екологічною стійкістю водойм), біологічні та іхтіологічні методи (це дозволило оцінити біологічну відповідь організму на різні стратегії годівлі), екологічний моніторинг (використовувалися методи гідрохімічного аналізу для оцінки вмісту азотистих сполук та розчиненого кисню, а також кількісний облік бентосних організмів (*Chironomidae*) для оцінки трофічного статусу екосистем), біохімічний контроль (що дозволило оцінити продукцію з позиції нутриціології та безпеки харчування).

## Результати досліджень

Житомирська область володіє унікальним гідрографічним профілем, розподіленим між суббасейнами Прип'яті (56 %) та Середнього Дніпра (44 %). Мережа з 221 річки завдовжки понад 10 км та 1822 ставків є складною системою екоотопів, де гідрологічний режим безпосередньо лімітує первинну продуктивність водойм. Весняне водопілля, на яке припадає до 70% стоку, визначає динаміку вимивання біогенних елементів, що є критичним для формування стартової кормової бази (фітопланктону). Функціонування галузі відбувається в умовах специфічного фону: наявність торфових відкладень спричиняє значні амплітуди коливань рН та мінералізації. Це створює постійний аліментарний та осмотичний стрес для коропа, вимагаючи додаткових енергетичних витрат на підтримку гомеостазу.

Домінуюче у регіоні ставкове рибництво базується на полікультурі (*Cyprinus carpio*, *Hypophthalmichthys*). У напівекстенсивних системах значна частка приросту забезпечується природним зоопланктоном та бентосом. Ігнорування цієї складової при обчисленні коефіцієнта конверсії корму (FCR) створює біологічну похибку, що маскує реальний стан нутрієнтного обміну та заважає об'єктивній оцінці фізіологічної вартості одиниці приросту.

Ефективність сучасного господарства корелює з мінімізацією антропогенного навантаження. Нераціональне внесення кормосумішей без урахування активності ферментів риби при певних температурах призводить до седиментації нез'їдених решток. Це запускає процеси мікробіологіч-

ного розкладу органіки, що погіршує кисневий режим. Попри потужний потенціал, галузь стикається з відсутністю системного біомоніторингу, що веде до порушення метаболічного балансу та зростання операційних витрат.

У межах проведеного дослідження здійснено ретроспективний аналіз річної динаміки кормових витрат за період 2022–2024 рр. Науковий підхід передбачав дескриптивну деталізацію даних за ключовими біогрупами: молодь (ремонтний матеріал), маточне поголів'я та товарна риба. Така диференціація дозволила ідентифікувати специфіку метаболічних потреб на різних етапах онтогенезу. Зокрема, було верифіковано «критичні точки», де незбалансована годівля молоді призводить до зниження її імунобіологічної резистентності, а перевищення норм внесення кормів для товарної групи створює надмірне екологічне навантаження на екосистему водойм через накопичення азотистих метаболітів.

Ефективність функціонування рибних господарств безпосередньо залежить від раціонального розподілу кормових ресурсів між різними віковими групами риб. У таблиці 1 представлено результати моніторингу обсягів використання кормів протягом 2022–2024 рр. Аналіз цих даних дозволяє не лише простежити кількісну динаміку витрат, а й оцінити біо-екологічну роль годівлі у забезпеченні життєдіяльності молоді, маточного поголів'я та товарної риби.

Середньорічні показники витрат кормів дають найбільш об'єктивне уявлення про фізіологічну адекватність застосовуваних технологій. Аналіз структури свідчить про виражену інтенсифікацію вирощування товарного коропа, на нагул якого спрямовано понад 75% ресурсів (400,9 т). З позиції медичної біології цей етап є вирішальним, оскільки саме зараз формується ліпідний профіль м'язової тканини та акумулюються нутрієнти, що визначають харчову цінність риби для споживача.

Водночас різке зростання витрат на молодь у 2023 році (до 205 т) вказує на зміну стратегії

відтворення, що підвищує ризики для зарибку. Надмірне використання концентратів на цьому етапі без належної аерації може провокувати аліментарну гіпоксію та зниження імунологічної резистентності молоді.

Виявлена тенденція до зростання коефіцієнта конверсії корму (FCR) свідчить, що інтенсифікація росту задля скорочення термінів виробництва часто супроводжується аліментарним стресом. Метаболічний дисбаланс, за якого організм риби не встигає асимілювати надлишкові нутрієнти, призводить до зниження якості м'язового білка та порушення фізіологічної норми ліпідів у тканинах.

Окрім підриву фінансової стійкості, низька засвоюваність кормів дестабілізує екологічну рівновагу. Середньорічне внесення 528,8 т органіки створює значне депо біогенів у ставках Житомирщини. Оскільки значна частина цього обсягу не трансформується в біомасу, вона переходить у категорію органічного забруднення. Неасимільовані залишки високобілкових субстратів накопичуються в бентосній зоні, створюючи живильним середовищем для патогенної мікрофлори.

Процеси мікробіологічного розкладу органіки, характерні для Поліського регіону, супроводжуються активним поглинанням кисню. Це провокує хронічну гіпоксію іхтіофауни та деградацію природного біорізноманіття, що вимагає впровадження методів біоремедіації (зокрема використання пробіотиків) для запобігання закисненню донних відкладень.

Проведений аналіз річної динаміки та розрахунок середньорічних показників витрат за період 2022–2024 рр. дозволив встановити ключові закономірності у структурі енергозабезпечення популяцій коропа (Рис. 1).

Дослідженням встановлено, що товарна група коропа є головним споживачем ресурсів у рибних господарствах регіону, зі середньорічним показником 400 935,3 кг. З погляду біоенергетики та трофології, саме цей етап онтогенезу характеризу-

Таблиця 1. Динаміка та середньорічні витрати кормів у рибних господарствах, кг  
Table 1. Dynamics and average annual feed expenditures in fish farms, kg

Показник	2022	2023	2024	Середнє	Біоекологічне значення
Витрати кормів, всього	412 963,0	642 704,0	530 808,0	528 825,0	Загальне трофічне навантаження на водойми.
на молодь (ремонт)	69 693,0	205 114,0	104 256,0	126 354,0	Забезпечення пластичного обміну та імуногенезу.
на маточне поголів'я	1 250,0	2 780,0	576,0	1 535,0	Підтримка репродуктивної функції та якості ікри.
на товарну рибу	342 020,0	434 810,0	425 976,0	400 935,3	Формування нутрієнтного профілю та м'язової маси.

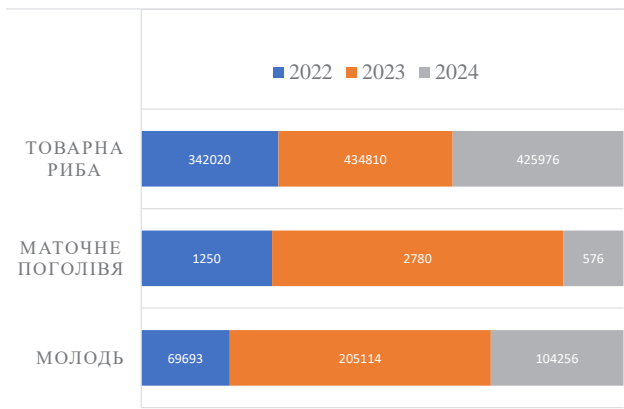


Рис.1. Середньорічні витрати кормів  
Fig. 1. Average annual feed expenditures

ється максимальним поглинанням нутрієнтів, що створює основне екзогенне навантаження на водні екосистеми.

За таких умов оптимізація FCR набуває стратегічного значення, навіть незначне покращення ферментативного розщеплення та засвоєння компонентів корму дозволяє мінімізувати обсяг метаболічних відходів, зокрема сполук азоту та фосфору. Це не лише забезпечує суттєву економію сировини, а й сприяє відновленню екологічного гомеостазу рибницьких угідь через зниження інтенсивності накопичення біогенів у донних відкладеннях.

Оптимізація показника кормового коефіцієнта (FCR) для товарної риби має критичне біохімічне значення, оскільки стимулювання ферментативної активності травного тракту підвищує ефективність засвоєння нутрієнтів і мінімізує обсяги неперетравлених решток. Це, своєю чергою, радикально знижує екскрецію аміаку, сечовини та сполук фосфору, що дозволяє не лише економити сировину, а й стабілізувати гідробіологічний режим водойм шляхом зменшення органічного навантаження та збереження оптимальної концентрації розчиненого кисню. Підтримка такого балансу є необхідною умовою для життєдіяльності аеробної мікрофлори та розвитку природної кормової бази - зоопланктону й бентосу, перетворюючи біологічно обґрунтовану стратегію годівлі

на ефективний інструмент екологічної реабілітації рибницьких угідь за умови збереження високої продуктивності, динаміка та структура якої деталізована нижче (таблиця 2).

Аналіз діяльності рибних господарств Житомирщини протягом досліджуваного періоду виявив виражену регресивну динаміку фізичних показників: обсяги реалізації товарного коропа скоротилися на 27,8 % – зі 144,2 тис. кг до 104,1 тис. кг. При цьому галузь демонструє ілюзорну фінансову стабільність із середньорічною виручкою на рівні 9 108,93 тис. грн. Однак цей ефект є суто екзогенним і забезпечується лише за рахунок зростання реалізаційної ціни, що фактично маскує зниження реальної продуктивності та погіршення біологічних характеристик об'єктів аквакультури.

Особливе занепокоєння викликає дестабілізація сегменту відтворення. Різкий стрибок реалізації молоді у 2023 році (до 20,7 млн шт.) з наступним припиненням продажів у 2024 році свідчить про глибокий збій у виробничому циклі. Це може бути наслідком вимушеного використання зарибку для внутрішньої компенсації високої смертності на етапах нагулу або критичного зниження резистентності вразливих вікових груп до специфічних патогенів Полісся.

На тлі стагнації виробництва спостерігаються нераціонально високі витрати кормів, що відображається у високому показникові FCR. Такий нутрієнтний дисбаланс опосередковано підтверджує погіршення біохімічних показників продукції: ймовірно зростання вмісту вологи та негативну трансформацію ліпідного профілю тканин. Як наслідок, біологічна цінність рибного білка для кінцевого споживача знижується, що зумовлює гостру потребу у впровадженні системного біомоніторингу та корекції раціонів.

Для виходу з поточної хиткої рівноваги пріоритетним завданням є перехід до стратегії екологізації та оптимізації трофічних циклів. Замість кількісного нарощування обсягів годівлі необхідно зосередитися на якісній засвоюваності компонентів корму та покращенні метаболізму риб. Рационалізація нутрієнтного обміну дозволить не

Таблиця 2. Динаміка та структура реалізації продукції рибними господарствами Житомирської області  
Table 2. Dynamics and structure of product sales by fish farms in the Zhytomyr region

Показник	Товарна риба		Молодь		Всього, тис. грн
	кількість, кг	вартість, тис. грн	кількість, тис. шт	вартість, тис. грн	
2022	144 234,0	9 053, 80	23,9	119,0	9 172,8
2023	111 947,0	8 255, 57	20 700,0	1 602, 50	9 858,07
2024	104 110,0	8 296, 05	0	0	8 296,05
Середнє	120 097,0	8 534,88	10 361,95 (за 2 р.)	860,75 (за 2 р.)	9 108,93

лише знизити собівартість продукції, а й відновити внутрішню біологічну стійкість господарств, мінімізуючи їх залежність від інфляційних процесів та ринкових коливань. Для комплексної оцінки стану галузі нами зіставлено динаміку коефіцієнта конверсії корму (FCR), як індикатора фізіологічного здоров'я популяцій, та середньої ціни реалізації (Табл. 3).

Головним деструктивним трендом у рибних господарствах Житомирщини є стрімке погіршення технологічних параметрів вирощування. Показник коефіцієнта конверсії корму (FCR) зріс із відносно стабільних 2,37 у 2022 році до критичних 4,09 у 2024 році. Такий стрибок сигналізує про те, що значна частка енергії корму не трансформується у приріст біомаси, а витрачається на підтримку життєдіяльності в умовах аліментарного стресу або ж безповоротно вимивається у воду.

Головним деструктивним трендом є стрімке погіршення технологічних параметрів, показник FCR зріс із відносно стабільних 2,37 у 2022 році до критичних 4,09 у 2024 році (Рис. 2).

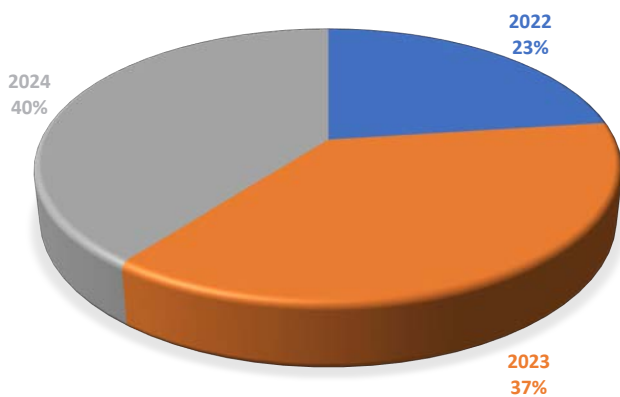


Рис. 2. Коефіцієнт конверсії корму (ККК)

Fig. 2. Feed Conversion Ratio (FCR)

Різне падіння ефективності засвоєння нутрієнтів є результатом синергічного впливу низки чинників. Використання компонентів із низькою біологічною доступністю змушує організм риби витрачати ресурси на катаболічні процеси замість соматичного росту. Це порушує метаболізм та знижує резистентність коропа до патогенів, що в умовах напівінтенсивного вирощування призводить

до втрати апетиту та пригнічення обміну речовин. Ситуацію ускладнюють специфічні умови Полісся: значні амплітуди коливань рН, характерні для водойм із торфовими відкладеннями, у поєднанні з періодичним дефіцитом кисню роблять процес годівлі біологічно нераціональним.

Екологічна дестабілізація ставкових екосистем регіону тісно пов'язана з цим технологічним занепадом. Надмірне внесення кормів без урахування реальних потреб риби перетворює високо-вартісний ресурс на основне джерело антропогенної евтрофікації. В умовах кислих ґрунтів та слабого водообміну це спричиняє закислення донних відкладень та деградацію природного біорізноманіття водойм.

Зрештою, така продукція втрачає статус дієтичної та функціональної сировини. Зниження біологічної цінності м'яса робить його менш ефективним для профілактики аліментарних захворювань людини. Таким чином, екологічна стабільність водойм та медична якість харчового білка перебувають у прямій залежності від технологічної точності годівлі.

З огляду на це, зниження FCR через впровадження методів біокорекції та метаболічної підтримки риб є пріоритетним стратегічним завданням. Це дозволить не лише відновити економічну рентабельність господарств, а й стабілізувати екологічний стан рибницьких угідь, запобігаючи їх передчасній евтрофікації та деградації (Табл. 4).

Зростання коефіцієнта конверсії корму до 4,1 свідчить про те, що значна частина поживних речовин не засвоюється належним чином, створюючи надмірне навантаження на травну систему. У коропа це проявляється через різке збільшення гепатосоматичного індексу (ГСІ) – відношення маси печінки до маси тіла. Причиною є жирова інфільтрація (стеатоз), коли через дисбаланс амінокислот та надлишок вуглеводів печінка перетворюється на депо для депонованих ліпідів замість виконання своїх бар'єрних функцій. Така патологія порушує синтез вітамінів та детоксикацію продуктів обміну. Це негативно впливає на органолептичні властивості риби, м'ясо набуває специфічного присмаку, а його текстура стає пухкою через порушення ліпідного профілю тканин.

Таблиця 3. Динаміка коефіцієнта конверсії корму (ККК) та середньої ціни реалізації товарного коропа

Table 3. Dynamics of the feed conversion ratio (FCR) and the average sales price of marketable carp

Рік	ККК (кг корму / кг риби)	Середня ціна реалізації (грн/кг)
2022	342 020,0 / 144 234,0 = 2,37	9 053 800,0 / 144 234,0 = 62,77
2023	434 810,0 / 111 947,0 = 3,88	8 255 570,0 / 111 947,0 = 73,74
2024	425 976,0 / 104 110,0 = 4,09	8 296 050,0 / 104 110,0 = 79,68
Середнє	400 935,3 / 120 097,0 = 3,34	8 534 807,0 / 120 097,0 = 71,07

Таблиця 4. Порівняльна характеристика біологічних та біохімічних показників коропа залежно від стратегії годівлі

Table 4. Comparative characteristics of biological and biochemical indicators of carp depending on the feeding strategy

Показник	Оптимальна годівля (FCR 2,3)	Критична перевитрата (FCR 4,1)	Наслідки для медицини та екології
Вміст білка у м'язах, %	18,5–19,2	14,8–16,0	Зниження біологічної цінності продукту для людини.
Жирність (Омега-3/-6), %	4,5–5,5	2,8–3,2*	Погіршення дієтичного профілю (ризик оксидативного стресу).
Коефіцієнт вгодованості (за Фультоном)	3,8–4,2	2,9–3,3	Зниження виходу товарної продукції та її привабливості.
Рівень гемоглобіну, г/л	85–100	65–75	Свідчить про гіпоксію та анемію через погану якість води.
Накопичення N-загального у воді, мг/л	0,8–1,2	2,5–4,0	Ризик евтрофікації: цвітіння води та дефіцит кисню.

Примітка: \* – за умови використання незбалансованих рослинних кормів без добавок.

### Обговорення

Екологічна небезпека перевитрати корму (різниця у 1,8 одиниці ККК) полягає в акумуляції органічного осаду на дні водойм. Високий рівень нез'їденого корму неминує веде до зростання концентрації аміаку (NH<sub>3</sub>) та нітритів у водному середовищі. Навіть при сублетальних концентраціях ці сполуки проникають через зябровий епітелій у кров риби, викликаючи хронічну інтоксикацію. Така продукція є менш безпечною, оскільки в тканинах риби можуть накопичуватися залишкові продукти азотистого обміну та медіатори стресу (кортизол). Споживання риби з порушеним біохімічним складом знижує очікуваний терапевтичний ефект від дієтичного харчування, оскільки замість омега-жирних кислот споживач отримує продукт з високим вмістом насичених жирів та потенційно токсичних метаболітів, що виникли внаслідок несприятливих умов вирощування.

Замулення дна, спричинене надлишком нез'їденого корму, призводить до елімінації найбільш цінних для коропа представників донної фауни. У першу чергу зникають личинки хірономід (Chironomidae, зокрема *Chironomus plumosus*) та олігохети (Oligocheta), які є природним концентратом білка та незамінних жирних кислот. Їх місце займають менш цінні види або ж формуються анаеробні зони, де життя макробентосу стає неможливим.

Для коропа це означає втрату «балансуючого» природного компонента раціону. Оскільки штучний корм на Житомирщині часто базується на зерновій групі (пшениця, ячмінь), риба намагається компенсувати дефіцит тваринного білка за рахунок збільшення обсягу споживання доступного рослинного корму. Це і призводить до зростання

FCR до 4,1, створюючи ілюзію вгодованості, яка насправді є набряком та жировим переродженням тканин.

Для оптимізації стратегій годівлі коропа та повернення показника ККК до фізіологічної норми 2,3, необхідно перейти від простого насичення раціону калоріями до біологічно спрямованої корекції метаболізму. Ключовим етапом є впровадження гепатопротекторів, таких як холін-хлорид та бетаїн. Ці сполуки діють як ліпотропні агенти, що стимулюють синтез фосфоліпідів і забезпечують ефективний транспорт жирів із печінки. Це не лише запобігає патологічному стеатозу, а й активує секреторну функцію жовчі, що дозволяє організму риби максимально повно засвоювати енергоємні ліпідні компоненти кормів, знижуючи їх втрати у навколишнє середовище.

Паралельно з внутрішньою підтримкою організму, стратегія має включати використання пробіотичних комплексів на основі бактерій *Bacillus subtilis*. Їх роль є подвійною: у кишечнику риби вони пригнічують патогенну мікрофлору та продукують ферменти (амілази, протеази), які допомагають розщеплювати складні кормові субстрати. Проте унікальність цього підходу для водойм Житомирщини полягає в екологічному ефекті, а саме: потрапляючи у воду разом із екскрементами, ці бактерії продовжують свою життєдіяльність у донних відкладеннях. Вони виступають у ролі «біологічних очищувачів», прискорюючи деструкцію органічного азоту та фосфору, що безпосередньо покращує гідрохімічний стан ставків та стримує процеси евтрофікації.

Нарешті, враховуючи регіональну специфіку Житомирського Полісся – зокрема низьку мінералізацію та схильність вод до закислення –

критично важливим є використання органічних підкислювачів (фумарової та лимонної кислот). Додавання цих компонентів до складу кормових гранул дозволяє стабілізувати оптимальний рівень рН безпосередньо у шлунково-кишковому тракці коропа. Це створює ідеальні умови для активації пепсину та інших протеолітичних ферментів, що радикально підвищує коефіцієнт засвоєння білка. Таким чином, комплексна інтеграція цих добавок дозволяє трансформувати стратегію годівлі з екстенсивної на високотехнологічну, забезпечуючи здоров'я іхтіофауни та екологічну стабільність водних екосистем. Отже, впровадження таких добавок дозволяє не лише знизити економічні витрати, а й відновити біологічну якість продукції. Короп, вирощений на фоні здорового бентосного комплексу та за підтримки гепатопротекторів, має щільну структуру м'язів, вищий вміст вітамінів групи В та є повноцінним дієтичним продуктом, що відповідає вимогам сучасної нутриціології.

## Висновки

За досліджуваній період (2022–2024 рр.) виявлено критичну деградацію технологічної ефективності: зростання коефіцієнта конверсії корму (FCR) з 2,37 до 4,09 свідчить про глибоку системну кризу. Попри падіння натуральних обсягів виробництва (зі 144,2 до 104,1 тис. кг), фінансова стабільність підтримується ілюзорно – виключно за рахунок цінової інфляції (+26,9 %).

Зростання показника FCR понад фізіологічну норму (>4,0) свідчить про неефективну трансформацію енергії корму, яка в умовах хронічного аліментарного та гідрохімічного стресу витрачається на підтримання гомеостазу, а не на соматичний приріст риби. Для нівелювання цієї негативної тенденції необхідно реалізувати комплекс заходів з оптимізації раціонів шляхом імплементації високоякісних білкових компонентів і метаболічних коректорів (гепатопротекторів, ферментних препаратів), що підвищують біодоступність нутрієнтів, а також адаптувати стратегію годівлі до специфічного гідрохімічного профілю Полісся (низької

мінералізації та амплітудних коливань рН), які безпосередньо лімітують активність травної системи іхтіофауни.

Надмірне антропогенне навантаження, зумовлене середньорічним внесенням 400,9 т кормів за низького рівня їхньої асиміляції, створює ризики інтенсивної евтрофікації водойм, що потребує запровадження оперативного моніторингу гідрохімічних показників для динамічного коригування норм годівлі та запобігання акумуляції органічного осаду. Раціоналізація цього процесу передбачає перехід до уніфікованої методики розрахунку скоригованого коефіцієнта FCR, який враховує внесок природної кормової бази (планктону та бентосу), що дозволить об'єктивно оцінити реальний трофічний потенціал ставкових екосистем та мінімізувати екологічні ризики.

Зниження біологічної ефективності трансформації корму чинить прямий негативний вплив на якісні характеристики кінцевої продукції для споживача, оскільки аномально високий коефіцієнт FCR корелює з деградацією ліпідного профілю та скороченням частки повноцінного білка в м'язовій тканині риби. У контексті превентивної медицини впровадження стратегій раціональної годівлі є необхідною умовою для мінімізації акумуляції токсичних продуктів азотистого обміну в організмі риб, що гарантує отримання екологічно безпечного дієтичного продукту з високим вмістом незамінних Омега-3 жирних кислот.

Забезпечення стратегічної стійкості рибницької галузі регіону потребує концептуальної зміни виробничої парадигми: переходу від екстенсивної моделі економічної адаптації до стратегії технологічної інтенсифікації. Пріоритетним вектором модернізації є імплементація методів метаболічної корекції за допомогою біостимуляторів та впровадження систем оперативного біомоніторингу гідрохімічного режиму. Такий підхід дозволить стабілізувати коефіцієнт конверсії корму (FCR) у межах фізіологічного оптимуму (2,3–2,5), мінімізувати антропогенну евтрофікацію водойм та гарантувати сталість продовольчої безпеки на регіональному рівні

---

BAHDAI, T. (2016) Korop zvychniyi u vodnykh ekosystemakh ta akvakulturi [Common carp in aquatic ecosystems and aquaculture]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya: Ahronomiia*, 20, 182–186. (in Ukrainian)

DEPARTMENT OF THE STATE AGENCY OF MELIORATION AND FISHERIES IN ZHYTOMYR

REGION (2026) *Akvakultura*. Available from: [https://zt.darg.gov.ua/\\_akvakuljtura\\_0\\_32\\_menu\\_0\\_1.html](https://zt.darg.gov.ua/_akvakuljtura_0_32_menu_0_1.html) (accessed 02.01.2026).

HASAN, M.R. (2000) Nutrition and feeding for sustainable aquaculture development in the third millennium. *Proceedings of the Conference Aquaculture in the Third Millennium: NACA, Bangkok and FAO*. Bangkok, pp. 193–219.

- LAVRYNIUK, O., MATKOVSKA, S. (2025) Current trends and prospects for the development of feed resources in aquaculture. *Scientific Horizons*, 28(10), 21–31. <https://doi.org/10.48077/scihor10.2025.21>
- LAVRYNIUK, O.O., MATKOVSKA, S.I., VERBELCHUK, T.V., VERBELCHUK, S.P., KOBERNIUK, V.V. (2025) Analiz suchasnykh tendentsii ta perspektyv rozvytku hodivli ryb v akvakulturi Ukrainy [Analysis of current trends and prospects for the development of fish feeding in Ukrainian aquaculture]. *Vodni bioresursy ta akvakultura*, 2(18), 39–63. (in Ukrainian) <https://doi.org/10.32782/wba.2025.2.3>
- LAVRYNIUK, O.O., BORSHCHENKO, V.V., VERBELCHUK, T.V., KOBERNIUK, V.V., VERBELCHUK, S.P. (2025) *Intensyvni tekhnologii kormiv ta hodivli v tvarynnytsvi ta akvakulturi* [Intensive technologies of feed and feeding in animal husbandry and aquaculture]. Polissia National University, Zhytomyr. (in Ukrainian)
- LAVRYNIUK, O.O., LISOHURSKA, D.V., VERBELCHUK, T.V., BORSHCHENKO, V.V. (2025) Vyrobnystvo ta realizatsiia tovarnoi produktsii akvakultury v Ukraini [Production and sale of marketable aquaculture products in Ukraine]. *Water Bioresources and Aquaculture*, 1(17), 123–132. (in Ukrainian) <https://doi.org/10.32782/wba.2025.1.11>
- MYKHALKO, O.H., VECHIORKA, V.V., BIEDUNKOVA, O.O., KOLOMIITSEVA, O.M., VERBELCHUK, T.V., VERBELCHUK, S.P., KOBERNIUK, V.V., LAVRYNIUK, O.O., HORCHANOK, A. V. (2025) Akvakultura Sumshchyny: analiz lantsiuha dodanoi vartosti ta perspektyvy [Aquaculture of Sumy region: analysis of the value chain and prospects]. *Water Bioresources and Aquaculture*, 2(18), 79–117. (in Ukrainian). <https://doi.org/10.32782/wba.2025.2.5>
- PUTCHKOV, A.V. (2013) Survey of carabid beetles of the tribe Nebriini (Coleoptera, Carabidae) of the fauna of Ukraine. *Entomological Review*, 93(5), 620–629. <https://doi.org/10.1134/s0013873813050102>
- ROBB, D.H.F., CRAMPTON, V.O. (2013) On-farm feeding and feed management: perspectives from the fish feed industry. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, 583, 489–518.
- STATE AGENCY OF MELIORATION AND FISHERIES OF UKRAINE (2026) Official website. Available from: <https://darg.gov.ua/> (accessed 02.01.2026)

Дата першого надходження статті до видання: 26.01.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 18.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026